

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年4月11日(11.04.2024)



(10) 国際公開番号

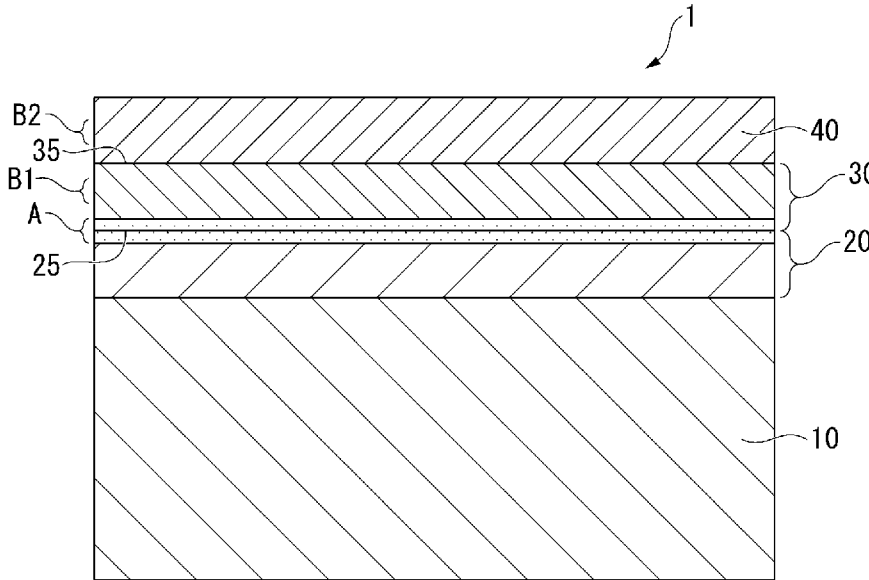
WO 2024/075840 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 15/01 (2006.01) C23C 22/36 (2006.01)
C23C 22/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/036561
- (22) 国際出願日: 2023年10月6日(06.10.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-161691 2022年10月6日(06.10.2022) JP
特願 2022-161692 2022年10月6日(06.10.2022) JP
- (71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 西田 義勝 (NISHIDA Yoshikatsu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).
莊司 浩雅 (SHOJI Hiromasa); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

(54) Title: SURFACE-TREATED STEEL SHEET

(54) 発明の名称: 表面処理鋼板

[図1]



(57) Abstract: This surface-treated steel sheet has a base material steel sheet, a plating layer, a first coating, and a second coating. The plating layer has a Zn concentration of 40%-100% and a Mg concentration of 0% or more and less than 4.0%. The following items satisfy a predetermined relationship: the maximum concentration of Ti, the maximum concentration of Zr, and the maximum concentration of V in the interval from a first interface to the center of the the first coating film in the thickness direction of the first interface and a second interface; the average concentration of C in the central section of the first coating; the average concentration of C in the central section of the second coating; the maximum concentration of Mg in a border area of the first coating; the average concentration of Mg in the central section of the first coating; the

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

maximum concentration of F in the border area of the first coating; the average concentration of F in the central section of the first coating; the average concentration of Si in the central section of the first coating; the average concentration of Zn in the central section of the first coating; and the average concentration of Zn in the central section of the second coating.

(57) 要約: この表面処理鋼板は、母材鋼板とめっき層と第一被膜と第二被膜とを有し、前記めっき層のZn濃度が40～100%であり、Mg濃度が0～4.0%未満であり、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間におけるTiの最大濃度、Zrの最大濃度及びVの最大濃度、並びに、前記第一被膜の前記中央部におけるCの平均濃度、前記第二被膜の前記中央部におけるCの平均濃度、前記第一被膜の境界領域におけるMgの最大濃度、前記第一被膜の前記中央部におけるMgの平均濃度、前記第一被膜の前記境界領域におけるFの最大濃度、前記第一被膜の前記中央部におけるFの平均濃度、前記第一被膜の前記中央部におけるSiの平均濃度、前記第一被膜の前記中央部における、Znの平均濃度、前記第二被膜の前記中央部における、Znの平均濃度が所定の関係を満たす。

明 細 書

発明の名称：表面処理鋼板

技術分野

[0001] 本発明は表面処理鋼板に関する。

本願は、2022年10月06日に、日本に出願された特願2022-161691号、および、2022年10月06日に、日本に出願された特願2022-161692号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、鋼板の表面に亜鉛を主体とするめっき層が形成されためっき鋼板（亜鉛系めっき鋼板）が、自動車や建材、家電製品などの幅広い用途で使用されている。

また、このような亜鉛系めっき鋼板の表面に、耐食性や塗装密着性などを付与する目的で、クロム酸、重クロム酸又はそれらの塩を主成分として含有する処理液によりクロメート処理を施す方法、クロムを含まない金属表面処理剤を用いて処理を行う方法、リン酸塩処理を施す方法、シランカップリング剤単体による処理を施す方法、有機樹脂被膜処理を施す方法、などが一般的に知られており、実用に供されている。

[0003] 特に、近年、環境や人体に悪影響を及ぼす可能性のある6価クロム化合物に対する各種法規制を受け、クロムを含まない金属表面処理剤の開発が進められている。クロムを含まない金属表面処理剤としては、TiやZrなどの4族金属の酸化物や水酸化物を使用する技術がある。

例えば、特許文献1には、亜鉛めっき鋼板又は亜鉛合金めっき鋼板を基材とし、この基材の表面に、酸化物が高い絶縁抵抗を示すバルブメタルの酸化物または水酸化物およびフッ化物を共存が共存する化成処理皮膜が形成されたクロメートフリー化成処理鋼板が開示されている。

また、特許文献2には、Mg含有亜鉛合金めっき層の上に、フッ化マグネ

シウム、リン酸マグネシウム、マグネシウムとバルブメタル酸素酸塩との複合化合物から選ばれた一種又は二種以上を含む界面反応層を介し、バルブメタルの水酸化物、酸化物、酸素酸、酸素酸塩、フッ化物の一種又は二種以上を主成分とする化成皮膜が形成された、耐食性に優れた溶融亜鉛合金めっき鋼板が開示されている。特許文献2では、Mgを含んだ亜鉛合金めっき層を下地にすることにより、Mgを含む界面反応層を形成して高い耐白錆性（耐食性）を発現させている。

また、特許文献3には、Zn-Al合金めっき層の上に、Al-Fの界面反応層を介し、Ti, Vの複合化成皮膜が形成された耐食性に優れた溶融亜鉛合金めっき鋼板が開示されている。特許文献3では、Alを含んだ亜鉛合金めっき層を下地にすることにより、Al-Fの反応層を形成して高い耐白錆性を発現させている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2002-194558号公報

特許文献2：日本国特開2007-23309号公報

特許文献3：日本国特開2003-306777号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1～3に開示された技術は、耐食性に優れたクロメートフリー表面処理を施した表面処理鋼板として実用化されている優れた技術である。クロメートフリー処理の耐食性を向上させるためには、特許文献2および3に記載のように、めっき層に含まれる金属元素を含む反応層を形成する技術が利用されてきた。しかしながら、近年の顧客ニーズの高度化により、これらの先行技術では耐食性が不足するケースがあることがわかってきた。

例えば、MgやAlを含まないめっきを用いた亜鉛めっき鋼板では、特許文献2または3に記載のような前記反応層の形成が困難であり、平坦部（平

面部) および加工部の耐食性が不足するという課題があった。また、めっき層中にMgやAlを含むめっきを用いた亜鉛めっき鋼板の場合においても、連続溶融めっき鋼板製造ラインにおいて化成処理被膜(皮膜)を形成する場合、生産性の観点から化成処理液を亜鉛系めっき鋼板の表面に塗布してから乾燥による化成処理被膜の形成までの時間が5秒以内と非常に短いために、亜鉛合金めっきのZn相に含まれるMgやAlは極僅かであることから、当該めっきのZn相上には前記反応層を形成しにくく、耐食性が不足するという課題があった。

このようなことから、加工部及び平面部のいずれにおいても耐食性(耐白錆性)に優れる表面処理鋼板が求められている。

また、表面処理鋼板を複雑な形状に加工しやすくするために表面処理鋼板は、潤滑性に優れることが好ましい。

[0006] 本発明は、鋼材の表面に亜鉛または亜鉛合金を含むめっき層を有する亜鉛系めっき鋼材の表面にクロメートフリーの被膜を有する表面処理鋼板を前提として、耐食性及び潤滑性に優れる表面処理鋼板を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 被膜を有する表面処理鋼材の耐食性は、被膜のバリア性(水分や塩化物イオンなどの腐食因子を透過させない性質)が高いほど向上する。また、疵などにより被膜が損傷した部分においては、水分が付着した際に被膜中の物質(主に金属元素)が溶け出してめっき層の腐食を防止する効果(インヒビター効果)が高いほど、耐白錆性等の耐食性が向上する。

上述の通り、特許文献1～3に示される化成処理被膜は、バリア性およびインヒビター効果の両方を備えている被膜ではあるが、従来よりも高い耐白錆性が要求される環境では、それぞれの性質が十分とは言えず、めっき層を腐食させてしまい早期に白錆が発生することが懸念される。

このような事情に鑑み、本発明者らは、被膜のバリア性及びインヒビター効果を高める方法について検討を行った。

その結果、亜鉛めっき層または亜鉛合金めっき層の表面に短時間で被膜を形成する場合において、亜鉛めっき層または亜鉛合金めっき層のZn相と被膜との界面の近傍から被膜の表面までの間において各元素の濃度の制御に加えて、特定の元素が濃化した箇所を複数形成させることで、被膜のバリア性が向上し、耐食性を飛躍的に高めることが出来ることを見出した。

[0008] 本発明は上記の知見に鑑みてなされた。本発明の要旨は以下の通りである。

[1] 本発明の一態様に係る表面処理鋼板は、

母材鋼板と、

前記母材鋼板の表面に形成されためっき層と、

前記めっき層の表面に形成された第一被膜と、

前記第一被膜の表面に形成された厚みが0.6 μm 以上である第二被膜と

、

を有する表面処理鋼板であって、

前記めっき層のZn濃度が40質量%以上、100質量%以下であり、Mg濃度が0質量%以上、4.0質量%未満であり、

前記めっき層から前記表面処理鋼板の表面に向けて厚み方向に線分析によって連続的にC、O、F、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Zn及びZrの濃度を測定した際に、

Znの濃度が初めて35.0質量%以下となる位置を、前記めっき層と前記第一被膜の界面である第一界面とし、

前記第一界面を含み、前記厚み方向に前記第一界面から前記めっき層の側に10nmの範囲と前記第一被膜の側に15nmの範囲との間の領域を境界領域とし、

Znの濃度が初めて3.0質量%以下となる位置を前記第一被膜と前記第二被膜の界面である第二界面とした際に、前記厚み方向の前記第一界面と前記第二界面との中央から前記第二界面側に10nmの範囲を前記第一被膜の中央部とし、

前記第二被膜の、前記第二界面から前記厚み方向に400nmの位置と410nmの位置との間の領域を、前記第二被膜の中央部としたとき、
下記式(1)～(3)の1つ以上、かつ、式(4)～(15)を満たす。

$$Dt_i \geq 5.0 \quad (1)$$

$$Dz_r \geq 5.0 \quad (2)$$

$$Dv \geq 5.0 \quad (3)$$

$$Dt_i + Dz_r + Dv \leq 25.0 \quad (4)$$

$$B1_c < 10.0 \quad (5)$$

$$B2_c \geq 40.0 \quad (6)$$

$$5.0/M \leq Am_g \leq 25.0 \quad (7)$$

$$0.5 \leq B1_m_g \leq 5.0 \quad (8)$$

$$15.0/M \leq Af \leq 40.0 \quad (9)$$

$$0.5 \leq B1_f \leq 15.0 \quad (10)$$

$$Am_g/B1_m_g \geq 2.0 \quad (11)$$

$$Af/B1_f \geq 2.0 \quad (12)$$

$$B1_{Si} < 5.0 \quad (13)$$

$$B1_{Zn} \geq 0.5 \quad (14)$$

$$B2_{Zn} < 3.0 \quad (15)$$

ここで、前記 Dt_i は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での Ti の最大濃度であり、

前記 Dz_r は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での Zr の最大濃度であり、

前記 Dv は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での V の最大濃度であり、

前記 $B1_c$ は、前記第一被膜の前記中央部における C の質量%での平均濃

度であり、

前記 B 2 c は、前記第二被膜の前記中央部における C の質量％での平均濃度であり、

前記 A m g は、前記第一被膜の前記境界領域における M g の質量％での最大濃度であり、

前記 B 1 m g は、前記第一被膜の前記中央部における M g の質量％での平均濃度であり、

前記 A f は、前記第一被膜の前記境界領域における F の質量％での最大濃度であり、

前記 B 1 f は、前記第一被膜の前記中央部における F の質量％での平均濃度であり、

前記 B 1 s i は、前記第一被膜の前記中央部における S i の質量％での平均濃度であり、

前記 B 1 z n は、前記第一被膜の前記中央部における、Z n の質量％での平均濃度であり、

前記 B 2 z n は、前記第二被膜の前記中央部における、Z n の質量％での平均濃度であり、

前記 M は、前記めっき層の前記 M g 濃度が 0 質量％以上 1. 0 質量％未満の場合には 1、1. 0 質量％以上 4. 0 質量％未満の場合には 2 となる定数である。

[2] [1] に記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (1 6) を満たしてもよい。

$$0 \leq C m g < 5. 0 \quad (1 6)$$

ここで、前記 C m g は、前記めっき層の厚み方向において、前記第一界面から前記めっき層の側に 1 0 n m の位置における質量％での M g の濃度である。

[3] [1] または [2] に記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (1 7) ～ (1 9) を満たしてもよい。

$$5.0 \leq A_{a1} \leq 20.0 \quad (17)$$

$$0.2 \leq B_{1a1} \leq 5.0 \quad (18)$$

$$A_{a1} / B_{1a1} \geq 5.0 \quad (19)$$

ここで、前記 A_{a1} は、前記境界領域における $A1$ の質量％での最大濃度であり、

前記 B_{1a1} は、前記第一被膜の前記中央部における $A1$ の質量％での平均濃度である。

[4] [1] ～ [3] のいずれかに記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (20) ～ (21) を満たしてもよい。

$$10.0 \leq A_p \leq 25.0 \quad (20)$$

$$0.5 \leq B_{1p} \leq 8.0 \quad (21)$$

ここで、前記 A_p は、前記境界領域における P の最大濃度であり、

前記 B_{1p} は、前記第一被膜の前記中央部における P の質量％での平均濃度である。

[5] [1] ～ [4] のいずれかに記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (22) を満たしてもよい。

$$1.0 \leq B_{1zn} \leq 30.0 \quad (22)$$

[6] [1] ～ [5] のいずれかに記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (23) を満たしてもよい。

$$X_{2si} / Y_{2si} \geq 1.1 \quad (23)$$

ここで、前記 X_{2si} は、前記第二被膜の表面から前記第二界面に向けて 100nm までの領域の Si における質量％での最大濃度であり、

前記 Y_{2si} は、前記第二被膜の前記表面から前記第二界面に向けて $300 \sim 310\text{nm}$ の間の領域における Si の質量％での平均濃度である。

[7] [1] ～ [6] のいずれかに記載の表面処理鋼板は、さらに、下記式 (24) を満たしてもよい。

$$A_f / B_{1f} \geq 2.5 \quad (24)$$

発明の効果

[0009] 本発明の上記態様によれば、耐食性及び潤滑性に優れる表面処理鋼板を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本実施形態に係る表面処理鋼板の断面の例を示す模式図である。

[図2]エネルギー分散型X線分析装置付きF E - T E Mを用いて得られた、厚み方向の元素分析結果の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の一実施形態に係る表面処理鋼板（本実施形態に係る表面処理鋼板）について説明する。以下に記載する「～」で挟まれる数値限定範囲には、両端の値が、下限値及び上限値としてその範囲に含まれる。一方、「超」または「未満」と示す数値は、その値が数値範囲に含まれない。また、比（例えば、後述のA m gとB 1 m gとの比であるA m g / B 1 m g）の単位は、すべて無次元である。

図1に示すように、本実施形態に係る表面処理鋼板1は、母材鋼板10と、前記母材鋼板10の表面に形成されためっき層20と、めっき層20の表面に形成された第一被膜30と、第一被膜30の表面に形成された第二被膜40とを有する。

本実施形態に係る表面処理鋼板1において、前記めっき層20は、0質量%以上、4.0質量%未満のMgを有する（Mg濃度が0質量%以上4.0質量%未満である）、亜鉛めっき層または亜鉛合金めっき層である。

また、本実施形態では、以下において、めっき層から表面処理鋼板の表面に向けて、厚み方向に線分析によって連続的にC、O、F、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Zn及びZrの濃度（濃度分布）を測定した際に、Znの濃度が初めて35.0質量%以下となる位置を、めっき層と20前記第一被膜30の界面である第一界面25とする。

また、第一界面25を含み、厚み方向に第一界面25から前記めっき層20の側に10nmの範囲と前記第一被膜30の側に15nmの範囲との間の領域を境界領域Aと定義する。言い換えれば、境界領域Aは、界面を挟んで

めっき層20と第一被膜30との両者に跨る厚み方向に25nmの領域である。

また、上記線分析の結果、Znの濃度が初めて3.0質量%以下となる位置を第一被膜30と第二被膜40の界面である第二界面35とする。

めっき層20、第一被膜30、第二被膜40は、母材鋼板10の片面に形成されていてもよいし、両面に形成されていてもよい。第一被膜30、第二被膜40は例えば化成処理被膜である。

[0012] 線分析はエネルギー分散型X線分析装置付きFE-TEM (Field Emission-Transmission Electron Microscope) を用いて、例えば以下の条件で行う。

被膜を形成した表面処理鋼板から試験片をクライオFIB (Focused Ion Beam) 法にて切り出し、切り出した試験片の断面構造を、透過電子顕微鏡 (TEM: Transmission Electron Microscope) で、観察視野中に被膜の全体とめっき層のZn相の一部が視野に入る倍率 (10万~100万倍) にて、観察する。各層の構成元素を特定するために、TEM-EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) を用いて、線分析によって、厚み方向における視野全体の元素分析を行い、めっき層から表面処理鋼板の表面までの各位置におけるC、O、F、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Zn、Zrの濃度を連続的に測定する。観察およびEDS分析時の加速電圧は200kVとする。

めっき層は、FE-TEMで観察した際に、被膜とは違いが明確であるので、FE-TEMで観察し、被膜とは明らかに異なる位置をめっき層であると判断しできる。線分析の始点は、例えば、FE-TEMで観察されためっき層の任意の位置としてよい。また、FE-TEMによる観察でめっき層が十分に識別できなかったとしても、EDSによる線分析の始点において、例えば、Zn濃度が85質量%以上かつMg濃度とAl濃度との両方が1.0質量%以下であれば、その始点は確実にめっき層であるため、FE-TEM

による観察やEDSによる線分析を再度行う必要はない。線分析の終点は、被膜の表面（表面処理鋼板の表面）とする。

[0013] E P M Aでも線分析は可能であるが、E P M AではT E Mに比べて高倍率の観察ができないため、本実施形態に係る表面処理鋼板の被膜中の各元素の濃度分布を高精度に分析できない可能性があるので、本実施形態では、線分析はエネルギー分散型X線分析装置付きF E - T E Mを用いて行う。

[0014] 以下、母材鋼板10、めっき層20、第一被膜30、第二被膜40のそれぞれについて説明する。

[0015] <母材鋼板>

本実施形態に係る表面処理鋼板は、めっき層及び被膜によって、優れた耐食性が得られる。そのため、母材鋼板については、特に限定されない。母材鋼板は、適用される製品や要求される強度や板厚等によって決定すればよく、例えば、J I S G 3 1 3 1 : 2 0 1 8、または、J I S G 3 1 1 3 : 2 0 1 8に記載された熱間圧延軟鋼板及び鋼帯、または、自動車構造用熱間圧延鋼板及び鋼帯（総じて熱間圧延鋼板という場合がある）や、J I S G 3 1 4 1 : 2 0 2 1、または、J I S G 3 1 3 5 : 2 0 1 8に記載された冷間圧延鋼板及び鋼帯、または、自動車用加工性冷間圧延高張力鋼板及び鋼帯（総じて冷間圧延鋼板という場合がある）を用いることができる。

[0016] <めっき層>

本実施形態に係る表面処理鋼板が備えるめっき層の化学組成の、亜鉛（Z n）濃度（含有量）は40質量%以上100質量%以下、M g濃度（含有量）は0質量%以上4.0質量%未満である。めっき層は、亜鉛めっき層または亜鉛合金めっき層である。

Z n、M g以外の元素については限定されないが、例えば、質量%で、

A l : 0%以上、25.0%未満、

S n : 0%以上、20%以下、

B i : 0%以上、5.0%未満、

I n : 0 % 以上、2 . 0 % 未満、
C a : 0 % 以上、3 . 0 % 以下、
Y : 0 % 以上、0 . 5 % 以下、
L a : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、
C e : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、
S i : 0 % 以上、2 . 5 % 未満、
C r : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
T i : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
N i : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
C o : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
V : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
N b : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
C u : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
M n : 0 % 以上、0 . 2 5 % 未満、
F e : 0 % 以上、5 . 0 % 以下、
S r : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、
S b : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、
P b : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、
B : 0 % 以上、0 . 5 % 未満、及び
残部 : 不純物

であってもよい。

Z n 以外の元素は、M g および A l も含め、すべて任意元素であり、それらの下限は 0 % である。つまり、めっき層の化学組成は、Z n と不純物のみであってもよい。必要に応じて、M g 濃度を 0 . 1 % 以上、0 . 5 % 以上又は 1 . 0 % 以上としてもよく、M g 濃度を 3 . 5 % 以下、3 . 0 % 以下又は 2 . 5 % 以下としてもよい。必要に応じて、A l 濃度を 0 . 1 % 以上、0 . 2 % 以上、1 . 0 % 以上又は 4 . 0 % 以上としてもよく、A l 濃度を 2 1 . 0 % 以下、1 7 . 0 % 以下又は 1 2 . 0 % 以下としてもよい。必要に応じて

、Zn濃度を50%以上、60%以上、70%以上、80%以上又は85%以上としてもよく、Zn濃度を100%未満、99%未満、97%未満又は95%未満としてもよい。

不純物はその合計の濃度が、1.0%未満であることが好ましい。

[0017] めっき層の化学組成は、めっき層を、例えば、地鉄（母材鋼板）の腐食を抑制するインヒビター（例えば、朝日化学工業株式会社製イビット）を含有した10%HC1水溶液などで溶解し、ICP発光分光分析法により組成分析を行って求めることができる。

[0018] めっき層の付着量は限定されないが、耐食性向上のため、片面当たり、10g/m²以上であることが好ましい。一方、片面当たりの付着量が200g/m²を超えても耐食性が飽和する上、経済的に不利になる。そのため、付着量は200g/m²以下であることが好ましい。

[0019] また、めっき層の種類も限定されない。例えば、溶融めっき層であってもよいし、電気めっき層であってもよい。

[0020] <第一被膜>

第一被膜は、本実施形態に係る表面処理鋼板において、めっき層の上（母材鋼板とは反対側の面）、すなわち、めっき層と第二被膜との間に存在する。第一被膜は、下地処理被膜又は下層被膜などと呼ばれることもある。

本実施形態では、厚み方向の、めっき層と第一被膜との界面（第一界面）と第一被膜と第二被膜との界面（第二界面）との中央の位置を起点として、第二界面側に10nmの位置を終点とする範囲を、第一被膜の中央部B1という。

第一被膜は、後述するようにTi、Zr、Vのいずれかと、MgとFとを含む水溶液に、さらにりん酸と硝酸とを添加した化成処理液を塗布して、乾燥させることで形成される被膜であり、Ti、Zr、Vのいずれかと、MgとFとを含み、PとSiとを含んでもよい。

[0021] 本実施形態に係る表面処理鋼板が備える第一被膜（本実施形態に係る第一被膜）では、第一界面から第一界面と第二界面との中央までの間において、

T_iの質量%での最大濃度をD_{t i}（単位：質量%）、Z_rの質量%での最大濃度をD_{z r}（単位：質量%）、Vの質量%での最大濃度をD_v（単位：質量%）としたとき、D_{t i}、D_{z r}、D_vから選ばれる1つまたは2つ以上が5.0%以上であり、1つまたは2つ以上の合計が25.0%以下である。この場合、被膜のバリア性が高まる。

それぞれの値が高くなると被膜が脆くなりバリア性が低下するため、好ましくは、D_{t i}、D_{z r}、D_vの合計は20.0%以下である。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、式（1）～（3）の1つ以上、かつ、式（4）を満たす。

$$D_{t i} \geq 5.0 \quad (1)$$

$$D_{z r} \geq 5.0 \quad (2)$$

$$D_v \geq 5.0 \quad (3)$$

$$D_{t i} + D_{z r} + D_v \leq 25.0 \quad (4)$$

[0022] 本実施形態に係る第一被膜は、上述した第一被膜の中央部B₁でのCの平均濃度B_{1 c}（単位：質量%）が、10.0%未満である。B_{1 c}が10.0%以上であると、被膜のバリア性が低下して耐食性が劣化する。また、第一被膜は有機樹脂を実質的に含まない（1質量%以下である）。第一被膜の分析により、有機樹脂が1質量%以下であることを確認できる簡便な測定方法はない。しかしながら、表面処理液中の有機樹脂の調合量が増加すると、被膜中のC濃度が増加する。このため、本実施形態では、有機樹脂が1質量%以下であることを示す指標としても、B_{1 c}は10.0%未満とする。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（5）を満足する。

$$B_{1 c} < 10.0 \quad (5)$$

優れた耐食性を得るためにB_{1 c}は6.0%以下、4.5%以下、若しくは、3.0%以下であることがより好ましい。B_{1 c}の下限は限定されないため、B_cの下限は0%である。必要に応じて、B_{1 c}を0.5%以上、1.0%以上または1.5%以上としてもよい。

[0023] また、本実施形態に係る第一被膜では、境界領域 A での Mg の最大濃度である A_{mg} （単位：質量％）が 2.5～25.0％であり、第一被膜の中央部 B1 の Mg の平均濃度である $B1_{mg}$ （単位：質量％）が 0.5～5.0％であり、 $B1_{mg}$ に対する A_{mg} の比である $A_{mg}/B1_{mg}$ が 2.0 以上である。すなわち、Mg が第一界面付近に濃化している。所定の量の Mg を含有した上で、Mg が第一界面付近に濃化していることで、被膜のバリア性が向上し、耐食性が向上する。

A_{mg} が 2.5％未満、 $B1_{mg}$ が 0.5％未満、または、 $A_{mg}/B1_{mg}$ が 2.0 未満であると、耐食性の向上効果が十分に得られない。

ただし、めっき層の Mg 濃度が 1.0 質量％未満である場合は、 A_{mg} が 5.0％未満では効果が得られない。これは、めっき組織に占める Zn の体積割合が大きいため、白錆の発生を抑えるには、Mg をより多く含有しているめっき層よりも強固な Mg の濃化層を形成する必要があるためと考えられる。そのため、めっき層の Mg 濃度が 0 質量％以上 1.0 質量％未満であるときは、 A_{mg} は 5.0～25.0％である。

一方、 A_{mg} が 25.0％超であると、めっき層と第一被膜との密着性が低下し耐食性が低下する。 $B1_{mg}$ が 5.0％超であると、Mg の濃化している部分が形成されなくなり耐食性が低下する。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（7）、式（8）、および式（11）を満足する。

$$5.0/M \leq A_{mg} \leq 25.0 \quad (7)$$

$$0.5 \leq B1_{mg} \leq 5.0 \quad (8)$$

$$A_{mg}/B1_{mg} \geq 2.0 \quad (11)$$

ここで、M は、めっき層の化学組成における Mg 濃度が質量％で 0％以上 1.0％未満の場合には 1（つまり、 $M=1$ ）となり、1.0％以上 4.0％未満の場合には 2（つまり、 $M=2$ ）となる定数である。

必要に応じて、 A_{mg} を 20.0％以下、15.0％以下、12.0％以下、10.0％以下又は 8.0％以下としてもよい。特に、めっき層の前記

化学組成におけるMg濃度が1.0質量%以上4.0質量%未満の場合にのみ、Amgの上限を制限してもよく、例えば、Amgを12.0%以下、10.0%以下、8.0%以下又は6.0%以下としてもよい。

また、必要に応じて、B1mgを4.0%以下、3.0%以下又は2.0%以下としてもよい。

Amg/B1mgの上限を特に定める必要はないが、Amg/B1mgを、20.0以下、15.0以下又は10.0以下としてもよい。必要に応じて、Amg/B1mgを、2.5以上、3.5以上又は4.5以上としてもよい

[0024] また、Fも被膜のバリア性を高める元素であり、Mgと同様に、第一被膜に所定量含有した上で、第一界面付近に濃化させる。

具体的には、第一被膜において、境界領域AにおけるFの最大濃度であるAf（単位：質量%）が7.5～40.0%であり、第一被膜の中央部B1のFの平均濃度であるB1f（単位：質量%）が0.5～15.0%であり、前記B1fに対する前記Afの比であるAf/B1fが2.0以上である。好ましくは、Af/B1fが2.5以上である。

Afが7.5%未満、B1fが0.5%未満、またはAf/B1fが2.0未満では、耐食性の向上効果が十分に得られない。

ただし、めっき層のMg濃度が1.0質量%未満である場合は、Afが15.0%未満では効果が得られない。これは、めっき組織に占めるZnの体積割合が大きいため、白錆の発生を抑えるには、Mgをより含有しているめっき層よりも強固なFの濃化層を形成する必要があるためと考えられる。そのため、めっき層のMg濃度が0質量%以上1.0質量%未満であるときは、Afは15.0～40.0%である。

一方、Afが40.0%超であると、過剰なFがバリア性を阻害し、耐食性が低下する。B1fが15.0%超であると、Fの濃化している部分が形成されなくなり優れた耐食性が得られない。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（9）、式（10

）、および式（12）を満たす。

$$15.0/M \leq Af \leq 40.0 \quad (9)$$

$$0.5 \leq B1f \leq 15.0 \quad (10)$$

$$Af/B1f \geq 2.0 \quad (12)$$

ここで、Mは、めっき層の前記化学組成におけるMg濃度が0%以上1.0%未満の場合には1（つまり、M=1）となり、1.0%以上4.0%未満の場合には2（つまり、M=2）となる定数である。

また、好ましくは、以下の式（24）を満たす。

$$Af/B1f \geq 2.5 \quad (24)$$

必要に応じて、Afを38.0%以下、35.0%以下、30.0%以下、25.0%以下又は20.0%以下としてもよい。特に、めっき層の前記化学組成におけるMg濃度が1.0質量%以上4.0質量%未満の場合にのみ、Afの上限を制限してもよく、例えば、Afを25.0%以下、20.0%以下、16.0%以下又は12.0%以下としてもよい。

また、必要に応じて、B1fを12.0%以下、10.0%以下又は7.5%以下としてもよい。

Af/B1fの上限を特に定める必要はないが、Af/B1fを、50.0以下、30.0以下、20.0以下又は10.0以下としてもよい。必要に応じて、Af/B1fを、3.0以上、3.5以上又は4.5以上としてもよい。

[0025] 本実施形態に係る第一被膜では、被膜の中央部B1におけるSiの平均濃度であるB1si（単位：質量%）が5.0%未満である。B1siが5.0%以上であるとバリア性の被膜が形成されなくなり耐食性が低下する。耐食性向上の点で、B1siは2.0%以下がより好ましい。

すなわち、本実施形態に係る第一被膜では、第一被膜の中央部B1におけるSiの平均濃度をBsi（単位：質量%）としたとき、以下の式（13）を満たす。

$$B1si < 5.0 \quad (13)$$

必要に応じて、 $B1si$ を1.5%以下、1.0%以下又は0.5%以下としてもよい。 $B1si$ の下限0%であるが、 $B1si$ を0.1%以上としてもよい。

[0026] 第一被膜がZnを含むことで耐食性が向上する。本実施形態に係る第一被膜では、第一被膜の中央部B1におけるZnの平均濃度である $B1zn$ （単位：質量%）が0.5%未満ではZnによる耐食性の向上効果が十分に得られない。このため、本実施形態に係る第一被膜では、 $B1zn$ は0.5%以上である。すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（14）を満たす。

$$B1zn \geq 0.5 \quad (14)$$

$B1Zn$ は好ましくは1.0%以上である。一方、 $B1zn$ が30.0%超では、耐食性がやや低下するため、 $B1zn$ を30.0%以下とすることが好ましい。必要に応じて、 $B1zn$ を25.0%以下、21.0%以下又は18.0%以下としてもよく、 $B1zn$ を1.0%以上、2.0%以上、3.5%以上又は5.0%以上としてもよい。

[0027] 本実施形態に係る表面処理鋼板では、境界領域Aにおける質量%でのAlの最大濃度である AaI （単位：質量%）が5.0～20.0%であり、第一被膜の中央部B1のAlの質量%での平均濃度である $B1aI$ （単位：質量%）が0.2～5.0%であり、 $B1aI$ に対する AaI の比である $AaI/B1aI$ が5.0以上である、ことが好ましい。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（17）～式（19）を満足することが好ましい。

$$5.0 \leq AaI \leq 20.0 \quad (17)$$

$$0.2 \leq B1aI \leq 5.0 \quad (18)$$

$$AaI/B1aI \geq 5.0 \quad (19)$$

この場合、耐食性（耐白錆性）が向上する。

AaI の上限は限定されないが、めっき層中のAl濃度を考慮し、 AaI を20.0%以下又は15.0%以下としてもよい。 AaI を0.5%以上

、 1. 0 %以上、 3. 0 %以上、 7. 0 %以上又は 1 0. 0 %以上としてもよい。

B 1 a l を 3. 0 %以下、 2. 0 %以下又は 1. 0 %以下としてもよく、
B 1 a l を 0. 1 %以上又は 0. 3 %以上としてもよい。

A a l / B 1 a l の上限を特に定める必要はないが、 A a l / B 1 a l を
8 0. 0 以下、 6 0. 0 以下又は 3 0. 0 以下としてもよい。必要に応じて
、 A a l / B 1 a l を、 7. 0 以上、 1 0. 0 以上又は 1 5. 0 以上として
もよい。

[0028] また、境界領域 A における P の質量%での最大濃度である A p （単位：質量%）が 1 0. 0 ～ 2 5. 0 %であり、第一被膜の中央部 B 1 における P の平均濃度である B 1 p （単位：質量%）が 0. 5 ～ 8. 0 %である、ことが好ましい。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（20）、式（21）を満足することが好ましい。

$$10.0 \leq A p \leq 25.0 \quad (20)$$

$$0.5 \leq B 1 p \leq 8.0 \quad (21)$$

この場合、耐食性が向上する。

[0029] 第一被膜の付着量は、 1 5 0 ～ 8 0 0 m g / m²であることが好ましい。付着量が 1 5 0 m g / m²未満であると、耐食性が低下する場合がある。一方、付着量が 8 0 0 m g / m²超であると、被膜が厚くなり加工部の耐食性が低下する場合がある。

[0030] また、境界領域 A のうち、最もめっき層側の位置（厚み方向において、第一界面から前記めっき層の側に 1 0 n m の位置）における M g の質量%での濃度である C m g が、 0 %以上、 5. 0 %未満であることが好ましい。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（16）を満足することが好ましい。

$$0 \leq C m g < 5.0 \quad (16)$$

この場合、加工した場合によるめっきの亀裂が低減するため、加工部耐食

性が向上する。

[0031] <第二被膜>

本実施形態に係る表面処理鋼板が備える第二被膜（本実施形態に係る第二被膜）は、第一の被膜の表面（めっき層とは反対側の面）に存在する。第二被膜は、樹脂被膜、有機樹脂被膜又は塗膜などと呼ばれることもある。第二被膜を、上層被膜ということもできる。

本実施形態に係る表面処理鋼板では、第二被膜の、第二界面から厚み方向に400nmの位置と410nmの位置との間の領域を、第二被膜の中央部B2という。

本実施形態に係る第二被膜では、第二被膜の中央部B2におけるCの平均濃度であるB2c（単位：質量%）が、40.0%以上である。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（6）を満足する。

$$B2c \geq 40.0 \quad (6)$$

B2cが40.0%未満では、耐食性および潤滑性が得られなくなる。必要に応じて、B2cを45.0%以上、50.0%以上又は55.0%以上としてもよい。B2cの上限は限定されないが、潤滑性の点で、B2cは、90.0%以下、85.0%以下、80.0%以下又は75.0%以下としてもよい。

[0032] 本実施形態に係る第二被膜では、めっき層から拡散されるZn量も少なく、第二被膜の中央部B2におけるZnの平均濃度であるB2zn（単位：質量%）は、3.0%未満である。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式（15）を満足する。

$$B2zn < 3.0 \quad (15)$$

[0033] また、第二被膜では、表面から第二界面に向けて100nmまでの領域におけるSiの最大濃度をX2si（単位：質量%）、第二被膜の表面から第二界面に向けて300～310nmの間の領域のSiの平均濃度をY2si

(単位：質量％)としたとき、 Y_{2Si} に対する X_{2Si} の比である X_{2Si}/Y_{2Si} が1.1以上であることが好ましい。第二被膜の表面近傍(すなわち表面処理鋼板の表面近傍)の Si 濃度を高めることにより、被膜のバリア性が高まって耐食性が向上するとともに、表面の硬度が高くなって潤滑性が向上する。

すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の式(23)を満足することが好ましい。

$$X_{2Si}/Y_{2Si} \geq 1.1 \quad (23)$$

X_{2Si}/Y_{2Si} の上限を定める必要はないが、 X_{2Si}/Y_{2Si} を10.0以下、5.0以下、3.0以下、2.0以下又は1.5以下としてもよい。 X_{2Si}/Y_{2Si} を1.2以上又は1.3以上としてもよい。

[0034] 第二被膜の厚さ(膜厚)は、 $0.6\mu m$ 以上である。膜厚が $0.6\mu m$ 未満であると耐食性および潤滑性が目標を満足しない。好ましくは、 $0.7\mu m$ 以上又は $0.8\mu m$ 以上、より好ましくは $1.0\mu m$ 以上である。上限は限定されないが、 $5.0\mu m$ を超えるとコストアップするため好ましくない。このため、第二被膜の厚さを $5.0\mu m$ 以下としてもよく、必要に応じて、 $4.0\mu m$ 以下、 $3.0\mu m$ 以下又は $2.0\mu m$ 以下としてもよい。

[0035] 上述した B_{1c} 、 B_{2c} 、 A_{mg} 、 B_{1mg} 、 A_f 、 B_{1f} 、 B_{1Si} 、 C_{mg} 、 A_{Al} 、 B_{1Al} 、 A_p 、 B_{1p} 、 B_{1Zn} 、 B_{2Zn} 、 X_{2Si} 、 Y_{2Si} 、 D_{Ti} 、 D_{Zr} 、 D_v 、等は、上述したエネルギー分散型X線分析装置付きFE-TEMを用いて線分析によって測定した結果から求める。

[0036] <製造方法>

次に、本実施形態に係る表面処理鋼板の好ましい製造方法について説明する。

本実施形態に係る表面処理鋼板は、製造方法に関わらず上記の特徴を有していればその効果を得ることができるが、以下に示す製造方法であれば、安定して製造できるので好ましい。

[0037] すなわち、本実施形態に係る表面処理鋼板は、以下の工程を含む製造方法によって製造できる。

(I) 鋼板の表面に、亜鉛または亜鉛合金を含むめっき層を形成する、めっき工程と、

(I I) めっき層を有する鋼板に化成処理液を塗布し、加熱、乾燥させることで、第一被膜を形成する、第一被膜形成工程と、

(I I I) めっき層及び第一被膜を有する鋼板の表面に化成処理液を塗布し、加熱、乾燥させることで、第二被膜を形成する、第二被膜形成工程。

[0038] [めっき工程]

めっき工程では、鋼板などの鋼材を、ZnまたはZn合金を含むめっき浴に浸漬する、または電気めっきを行うことで、表面にめっき層を形成する。めっき層の形成の方法については特に限定されない。十分なめっき密着性が得られるように通常の方法で行えばよい。

また、めっき工程に供する鋼板や、その製造方法については限定されない。めっき浴に浸漬する鋼板として、例えば、JIS G 3131:2018、または、JIS G 3113:2018に記載された熱間圧延軟鋼板及び鋼帯、または、自動車構造用熱間圧延鋼板及び鋼帯やJIS G 3141:2021またはJIS G 3135:2018に記載された冷間圧延鋼板及び鋼帯、または、自動車用加工性冷間圧延高張力鋼板及び鋼帯を用いることができる。

めっき浴の組成は、得たいめっき層の化学組成に応じて調整すればよい。

鋼材をめっき浴から引き上げた後は、必要に応じて、ワイピングによって、めっき層の付着量を調整することができる。

Cmgを0%以上、5.0%未満とする場合、めっき層中のMg濃度を0質量%以上、3.0質量%以下とすることが好ましい。

AaI/BaIを5.0以上とする場合、めっき層中のAl濃度を0.1質量%以上とすることが好ましい。

[0039] [第一被膜形成工程]

この工程では、めっき層を有する鋼板に処理液（化成処理液）を塗布し、加熱して乾燥させることで、第一被膜を形成する。

本実施形態に係る第一被膜を形成する場合、化成処理液をTi、Zr、Vのいずれかと、Mg、Fを含み、必要に応じてSiを含む水溶液を用い、さらにりん酸と硝酸を添加した処理液とする。

このような処理液を塗布することで、めっき層と化成処理被膜の界面に特定の元素を濃化させることが可能となる。

具体的には、処理液中の各元素濃度およびりん酸と硝酸の濃度を以下のようにする。ここで、りん酸、硝酸の濃度には、りん酸塩や硝酸塩などの濃度は含まない。りん酸と硝酸とを上述の範囲で同時に含むことで、めっきの溶解が進むと共に被膜とめっきの界面に特定の物質が濃化することによって密着性の向上の効果が大きく向上する。

Ti、V、Zrのいずれか1つ以上：5.0～20.0 g/L

Mg：0.7～7.0 g/L

F：14.4～46.1 g/L

P：6.8～32.9 g/L

Si：0.0～0.4 g/L

りん酸：10.0～80.0 g/L

硝酸：5.0～40.0 g/L

Ap、B1pを所定の範囲とする場合、化成処理液中のP濃度を10.0 g/L以上とすることが好ましい。

[0040] また、耐食性向上の点からB1znを1.0～30.0%とする場合、化成処理液をロールコーターで塗布する場合において、処理液とめっき鋼板との接触時間を制御することによって、処理液中のZn濃度を、質量基準で0.5～5.0 g/Lとすることが好ましい。Zn濃度は、めっき鋼板を処理液中に浸漬させるか、Zn粉の添加によって調整することができる。B1znを高めるために、化成処理液にZnの粉末やZn化合物などを添加してもよい。化成処理液にZnの粉末やZn化合物などを添加しない場合でも、め

つき層からZnが拡散するため、B1znは0%とならないことが多い。

[0041] 化成処理液に含ませるMgとしては、例えば、フッ化マグネシウム、硝酸マグネシウム、硫酸マグネシウム、塩化マグネシウム、酢酸マグネシウムが例示される。

[0042] 化成処理液に含ませるFとしては、フッ素化合物として、フッ化水素酸HF、ホウフッ化水素酸 BF_4H 、ケイフッ化水素酸 H_2SiF_6 、ジルコンフッ化水素酸 H_2ZrF_6 、チタンフッ化水素酸 H_2TiF_6 などの化合物を例示することができる。化合物は、1種類または2種類以上の組み合わせであってもよい。この中でも、フッ化水素酸であることがより好ましい。フッ化水素酸を用いる場合、より優れた耐食性や塗装性を得ることができる。

[0043] 化成処理液にZrを含ませる場合、Zr化合物として、炭酸ジルコニウムアンモニウム、六フッ化ジルコニウム水素酸、六フッ化ジルコニウムアンモニウムなどを例示することが出来る。

また、Vを含ませる場合、V化合物として、五酸化バナジウム V_2O_5 、メタバナジン酸 HVO_3 、メタバナジン酸アンモニウム、メタバナジン酸ナトリウム、オキシ三塩化バナジウム VOCl_3 、三酸化バナジウム V_2O_3 、二酸化バナジウム VO_2 、オキシ硫酸バナジウム VOSO_4 、バナジウムオキシアセチルアセトネート $\text{VO}(\text{OC}(=\text{CH}_2)\text{CH}_2\text{COCH}_3)_2$ 、バナジウムアセチルアセトネート $\text{V}(\text{OC}(=\text{CH}_2)\text{CH}_2\text{COCH}_3)_3$ 、三塩化バナジウム VCl_3 、リンバナドモリブデン酸などを例示することができる。また、水酸基、カルボニル基、カルボキシル基、1～3級アミノ基、アミド基、リン酸基およびホスホン酸基よりなる群から選ばれる少なくとも1種の官能基を有する有機化合物により、5価のバナジウム化合物を4価～2価に還元したものも使用可能である。

また、Tiを含ませる場合、Ti化合物として、六フッ化チタン酸アンモニウム、チタン弗化水素酸、硝酸チタンなどを例示することができる。

[0044] 化成処理液の塗布方法については限定されない。例えばロールコーター、バーコーター、スプレーなどを用いて塗布することができる。

[0045] 化成処理液を塗布した後は、塗布後5秒以内に、最高加熱温度（最高到達温度（PMT））まで加熱して乾燥させる。（PMT－10℃）に到達するまでの平均昇温速度は5～50℃／sが好ましい。

Aa1／Ba1を5.0以上とする場合、加熱を2段階加熱とし、後半の昇温速度を、前半の昇温速度よりも速くすることが好ましい。具体的には、加熱開始から、最高加熱温度（PMT）より10℃低い温度（PMT－10℃）に到達するまでの時間をtとした場合、加熱開始から0.5t～1.0tまでの間の後半の平均昇温速度V2が、加熱開始から0.5tまでの前半の平均昇温速度V1の1.25倍以上である、つまり、 $V2/V1 \geq 1.25$ であることが好ましい。さらに、Aa1／Ba1を5.0以上とするために2段階加熱とする場合、前半の昇温速度V1は、5℃／s以上とすることが好ましい。

また、加熱及び乾燥のための在炉時間が長いと、Fが界面付近に濃化しやすくなるため、Af／B1fが大きくなる。例えば、在炉時間を15秒以上とすると、Af／B1fを2.5以上とすることができる。

また、加熱に際しては、パンチングメタル（複数の貫通孔が存在する鋼板）を通して鋼板に吹き付けることが好ましい。

[0046] [第二被膜形成工程]

この工程では、第一被膜が形成された鋼板の表面に、さらに化成処理液を塗布し、加熱して乾燥させることで、第二被膜を形成する。

この工程では、B2cが40.0％以上となるように、70.0％以上の有機樹脂を含有させた処理液を用いる。有機樹脂は例えばウレタン樹脂である。また、潤滑性を向上させるために、コロイダルシリカを2.0～10.0％添加する。

さらに、ワックスを0.1～2.0％含有させてもよい。

[0047] 化成処理液の塗布方法については限定されない。例えばロールコーター、バーコーター、スプレーなどを用いて塗布することができる。

[0048] 処理液を塗布した後、加熱して乾燥させる。PMTは100～250℃以

下とする。

最表面のS i 濃度を高める場合には、PMTを160℃以上とし、PMTまでの昇温速度を8℃／秒以下とすることが好ましい。この場合、処理液中に含有されているコロイダルシリカが被膜の最表面に濃化し、最表面のS i 濃度が高くなる。

実施例

[0049] 表1に示すめっき層組成を有するめっきを有する金属板（めっき鋼板）を準備した。めっき層の付着量は、70g／m²とした。金属板No. 1は電気めっき、No. 2～8は溶融めっき、No. 4は溶融めっき後の加熱処理（合金化処理）により作製した。表1中、例えば99.6%Zn-0.2%Alとは、99.6%のZnと0.2%のAlを含有する組成を示しており、他も同様である。めっき層組成の残部は不純物である。

めっき鋼板の基材は、JIS G3141：2021を満足する冷間圧延鋼板を用いた。

[0050] [表1]

金属板No.	めっき層組成(質量%)
1	Zn(99.8%)
2	99.6%Zn-0.2%Al
3	97.8%Zn-0.2%Al-0.8%Mg
4	90.2%Zn-9.0%Fe
5	98.2%Zn-0.2%Al-1.2%Mg
6	90.8%Zn-6.0%Al-3.0%Mg
7	87.8%Zn-11.0%Al-3.0%Mg
8	85.0%Zn-11.0%Al-3.8%Mg

[0051] このめっき鋼板に対し、表4-1、表4-2、表5に示す組成の化成処理液を塗布した。ただし、No. 49およびNo. 118は、化成処理液に有機樹脂成分として、処理液に有機樹脂成分として、ポリウレタン樹脂を1.1重量%含有させた。

化成処理液中の元素濃度は、表2-1、表2-2、表3に示すように、（

$(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{ZrF}_6$ 、 V_2O_5 、 $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 H_3PO_4 、 NH_4F 、 HNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_3\text{Si}$ （ビニルトリメトキシシラン）を必要に応じて混合することで調整した。

化成処理液の塗布は、ロールコーターを用いて行った。

化成処理液を塗布した後、5秒以内に熱風を、パンチングメタル（複数の貫通孔が存在する鋼板）を通して鋼板に吹き付けて、鋼板を表4-1、表4-2、表5の乾燥板温（PMT）まで表4-1、表4-2、表5の条件で加熱した後、パンチングメタルを通して空気を吹き付けることによる空冷、または水冷によって20℃まで冷却し、第一被膜（化成処理被膜）を形成した。

第一被膜の付着量は、No. 41は600mg/m²、No. 42は800mg/m²とし、その他は400mg/m²とした。

[0052] その後、水分散系ウレタン樹脂（アデカボンタイター HUX-830）を600g/L、コロイダルシリカを100g/L、ポリエチレンワックスエマルジョン（東邦化学工業製ハイテックE）10g/L含む処理液をロールコーターで第一被膜上に塗布し、160℃（乾燥温度）まで16℃/秒の平均昇温速度で加熱した。加熱後に、空冷することで、ウレタン樹脂を含む第二被膜を有する、No. 1～51、101～120の表面処理鋼板を得た。

一方、No. 52およびNo. 53については、上記処理を行わず、第二被膜を形成しなかった。

[0053]

[表2-1]

試験		化成処理液の試薬組成 (g/L)											
No.	(NH ₄) ₂ TiF ₆	(NH ₄) ₂ ZrF ₆	V ₂ O ₅	MgHPO ₄ ·3H ₂ O	H ₃ PO ₄	NH ₄ F	HNO ₃	Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	C ₅ H ₁₂ O ₃ Si				
1	50	-	-	15	65	-	5	-	-				
2	35	-	-	10	25	-	15	-	-				
3	30	-	-	30	65	-	5	-	-				
4	70	-	-	20	55	-	10	-	-				
5	65	-	-	20	40	-	10	-	-				
6	40	-	-	10	30	-	20	-	-				
7	40	-	-	20	35	-	5	-	-				
8	75	-	-	50	10	-	15	-	-				
9	70	-	-	50	75	10	10	-	-				
10	70	-	-	20	80	-	20	-	-				
11	50	-	-	20	20	-	20	-	-				
12	25	-	-	30	30	-	10	-	-				
13	80	-	-	10	20	-	20	-	-				
14	-	35	-	30	20	25	40	-	-				
15	45	-	20	10	20	-	20	-	-				
16	40	13	-	20	35	-	20	-	-				
17	55	-	-	30	45	-	20	-	-				
18	50	-	-	20	10	-	5	-	-				
19	35	-	-	20	30	-	30	-	-				
20	70	-	-	20	40	-	15	-	-				
21	65	-	-	20	40	-	15	-	-				
22	45	-	-	40	40	-	15	-	-				
23	30	15	20	10	20	-	20	-	-				
24	20	-	-	22	20	-	10	-	-				
25	50	-	-	5	65	-	-	-	-				
26	35	-	-	30	45	-	-	-	-				
27	35	-	-	20	-	-	30	-	-				

[0054]

[表2-2]

化成処理液の試薬組成 (g/L)										
試験 No.	(NH ₄) ₂ TiF ₆	(NH ₄) ₂ ZrF ₆	V ₂ O ₅	MgHPO ₄ ・3H ₂ O	H ₃ PO ₄	NH ₄ F	HNO ₃	Ca (NO ₃) ₂ ・4H ₂ O	C ₅ H ₁₂ O ₃ Si	
28	30	-	-	25	65	-	5	-	-	-
29	35	-	-	30	-	-	55	-	-	-
30	35	-	-	30	-	30	50	-	-	-
31	35	-	-	30	-	-	20	-	-	-
32	35	-	-	20	-	-	70	-	-	-
33	45	-	-	5	40	-	-	-	-	-
34	60	-	-	5	1	-	55	-	-	-
35	75	-	-	20	-	-	40	-	-	-
36	77	-	-	55	70	-	-	-	-	-
37	30	-	-	30	-	-	30	-	-	-
38	50			20	50	-	15	-	15.9	
39	30	-	-	20	-	-	5	-	-	-
40	25	15	10	20	50	20	-	-	-	-
41	65	-	-	15	35	-	10	-	-	-
42	65	-	-	15	30	-	10	-	-	-
43	70	-	-	15	45	-	10	-	-	-
44	60	-	-	20	-	-	-	-	-	-
45	60	-	-	15	-	-	55	71	-	-
46	60	-	-	5	30	-	2	-	-	-
47	60	-	-	5	81	-	30	-	-	-
48	60	-	-	5	20	-	50	-	-	-
49	60	-	-	20	5	-	30	-	-	-
50	-	53	-	7	58	-	-	-	-	-
51	45	-	-	20	10	-	40	-	2	
52	65	-	-	20	50	-	10	-	-	-
53	65	-	-	20	50	-	10	-	-	-

[0055]

[表3]

試験 No.	化成処理液の試薬組成 (g/L)									
	(NH ₄) ₂ TiF ₆	(NH ₄) ₂ ZrF ₆	V ₂ O ₅	MgHPO ₄ ・3H ₂ O	H ₃ PO ₄	NH ₄ F	HNO ₃	Ca (NO ₃) ₂ ・4H ₂ O	C ₅ H ₁₂ O ₃ Si	
101	30	-	-	7	20	-	20	-	-	
102	30	-	-	20	30	-	20	-	-	
103	30	-	-	20	30	-	20	-	-	
104	25	-	-	5	20	-	15	-	-	
105	25	-	-	20	20	-	20	-	-	
106	25			15	20	-	20	-	-	
107	35	-	-	55	30	-	2	-	-	
108	45	-	-	20	-	-	40	-	-	
109	35	-	-	20	30	-	-	-	-	
110	60	-	-	30	-	-	35	-	-	
111	30	-	-	30	30	-	-	-	-	
112	45	-	-	20	-	-	15	-	-	
113	60	-	-	20	-	-	-	-	-	
114	60	-	-	15	-	-	55	71	-	
115	60	-	-	5	30	-	2	-	-	
116	60	-	-	5	81	-	30	-	-	
117	60	-	-	5	20	-	50	-	-	
118	60	-	-	20	5	-	30	-	-	
119	-	53	-	7	58	-	-	-	-	
120	45	-	-	20	10	-	40	-	2	

[0056]

[表4-1]

試験 No.	金属 板 No.	処理液中の濃度										乾燥条件					第二 被膜 有/無	第二被膜 厚さ (μm)
		Ti (g/L)	Zr (g/L)	V (g/L)	Mg (g/L)	P (g/L)	F (g/L)	Si (g/L)	りん酸 (g/L)	硝酸 (g/L)	Zn (g/L)	昇温速度V1 ($^{\circ}\text{C/s}$)	昇温速度V2 ($^{\circ}\text{C/s}$)	V2/ V1	在炉時間 (s)	PMT ($^{\circ}\text{C}$)		
1	1	12.1	0.0	0.0	2.1	23.4	28.8	0.0	65.0	5.0	1.1	5.3	8.0	1.51	15.0	100	有	1.5
2	2	8.5	0.0	0.0	1.4	9.8	20.2	0.0	25.0	15.0	1.2	8.0	12.0	1.50	15.0	150	有	1.5
3	3	7.3	0.0	0.0	4.2	26.1	17.3	0.0	65.0	5.0	2.1	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
4	2	16.9	0.0	0.0	2.8	21.1	40.3	0.0	55.0	10.0	2.3	8.0	12.0	1.50	15.0	150	有	1.5
5	2	15.7	0.0	0.0	2.8	16.3	37.4	0.0	40.0	10.0	2.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
6	3	9.7	0.0	0.0	1.4	11.4	23.0	0.0	30.0	20.0	0.7	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
7	1	9.7	0.0	0.0	2.8	14.7	23.0	0.0	35.0	5.0	1.1	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
8	1	18.1	0.0	0.0	7.0	12.1	43.2	0.0	10.0	15.0	0.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
9	2	16.9	0.0	0.0	7.0	32.9	45.4	0.0	75.0	10.0	4.4	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
10	2	16.9	0.0	0.0	2.8	29.1	40.3	0.0	80.0	20.0	4.7	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
11	3	12.1	0.0	0.0	2.8	9.9	28.8	0.0	20.0	20.0	1.9	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
12	2	6.0	0.0	0.0	4.2	14.9	14.4	0.0	30.0	10.0	1.7	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
13	1	19.4	0.0	0.0	1.4	8.2	46.1	0.0	20.0	20.0	2.0	10.7	16.0	1.50	15.0	200	有	1.5
14	2	0.0	13.2	0.0	4.2	11.7	29.4	0.0	20.0	40.0	4.1	12.0	18.7	1.56	15.0	230	有	1.5
15	2	10.9	0.0	11.2	1.4	8.2	25.9	0.0	20.0	20.0	3.8	13.3	20.0	1.50	15.0	250	有	1.5
16	1	9.7	4.9	0.0	2.8	14.7	29.2	0.0	35.0	20.0	3.9	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
17	4	13.3	0.0	0.0	4.2	19.7	31.7	0.0	45.0	20.0	3.2	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
18	2	12.1	0.0	0.0	2.8	6.8	28.8	0.0	10.0	5.0	2.6	16.7	16.7	1.00	15.0	250	有	1.5
19	3	8.5	0.0	0.0	2.8	13.1	20.2	0.0	30.0	30.0	3.2	8.0	8.0	1.00	15.0	120	有	1.5
20	2	16.9	0.0	0.0	2.8	16.3	40.3	0.0	40.0	15.0	0.4	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
21	2	15.7	0.0	0.0	2.8	16.3	37.4	0.0	40.0	15.0	5.5	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
22	3	10.9	0.0	0.0	5.6	19.9	25.9	0.0	40.0	15.0	0.7	10.7	16.0	1.50	15.0	200	有	1.5
23	1	7.3	5.7	11.2	1.4	8.2	17.3	0.0	20.0	20.0	1.4	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
24	1	4.8	0.0	0.0	3.1	10.3	11.5	0.0	20.0	10.0	1.0	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
25	2	12.1	0.0	0.0	0.7	21.7	28.8	0.0	65.0	0.0	1.7	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
26	3	8.5	0.0	0.0	4.2	19.7	20.2	0.0	45.0	0.0	1.4	11.4	17.1	1.50	7.0	100	有	1.5
27	3	8.5	0.0	0.0	2.8	3.6	20.2	0.0	0.0	30.0	1.1	4.0	5.3	1.33	15.0	70	有	1.5

[表4-2]

試験 No.	金属 板 No.	処理液中の濃度										乾燥条件					第二 被膜 有/無	第二被膜 厚さ (μm)
		Ti (g/L)	Zr (g/L)	V (g/L)	Mg (g/L)	P (g/L)	F (g/L)	Si (g/L)	りん酸 (g/L)	硝酸 (g/L)	Zn (g/L)	昇温速度V1 ($^{\circ}\text{C/s}$)	昇温速度V2 ($^{\circ}\text{C/s}$)	V2/ V1	在炉時間 (s)	PMT ($^{\circ}\text{C}$)		
28	1	7.3	0.0	0.0	3.5	25.2	17.3	0.0	65.0	5.0	1.2	5.3	8.0	1.51	15.0	120	有	1.5
29	2	8.5	0.0	0.0	4.2	5.3	20.2	0.0	0.0	55.0	2.6	5.3	8.0	1.51	15.0	100	有	1.5
30	1	8.5	0.0	0.0	4.2	5.3	35.6	0.0	0.0	50.0	3.1	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
31	1	8.5	0.0	0.0	4.2	5.3	20.2	0.0	0.0	20.0	2.4	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
32	1	8.5	0.0	0.0	2.8	3.6	20.2	0.0	0.0	70.0	1.2	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
33	2	10.9	0.0	0.0	0.7	13.7	25.9	0.0	40.0	0.0	0.7	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
34	4	14.5	0.0	0.0	0.7	1.2	34.5	0.0	1.0	55.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
35	3	18.1	0.0	0.0	2.8	3.6	43.2	0.0	0.0	40.0	0.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
36	1	18.6	0.0	0.0	7.7	32.2	44.3	0.0	70.0	0.0	1.3	5.3	6.7	1.25	15.0	90	有	1.5
37	4	7.3	0.0	0.0	4.2	0.5	17.3	0.0	—	30.0	1.4	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
38	1	12.1	0.0	0.0	2.8	19.5	28.8	3.0	50.0	15.0	3.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
39	1	7.3	0.0	0.0	2.8	3.6	17.3	0.0	0.0	5.0	1.2	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
40	2	6.0	5.7	5.6	2.8	19.5	31.8	0.0	50.0	0.0	1.1	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
41	2	15.7	0.0	0.0	2.1	13.9	37.4	0.0	35.0	10.0	2.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
42	2	15.7	0.0	0.0	2.1	12.3	37.4	0.0	30.0	10.0	2.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
43	2	16.9	0.0	0.0	2.1	17.0	40.3	0.0	45.0	10.0	2.6	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
44	2	14.5	0.0	0.0	2.8	3.6	34.5	0.0	0.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
45	2	14.5	0.0	0.0	2.1	2.7	34.5	0.0	0.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
46	2	14.5	0.0	0.0	0.7	10.5	34.5	0.0	30.0	2.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
47	2	14.5	0.0	0.0	0.7	26.8	34.5	0.0	81.0	30.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
48	2	14.5	0.0	0.0	0.7	7.3	34.5	0.0	20.0	50.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
49	2	14.5	0.0	0.0	2.8	5.2	34.5	0.0	5.0	30.0	0.8	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
50	2	0.0	20.0	0.0	1.0	19.8	25.1	0.0	58.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
51	2	10.9	0.0	0.0	2.8	6.8	25.9	0.4	10.0	40.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
52	2	15.7	0.0	0.0	2.8	19.5	37.4	0.0	50.0	10.0	1.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	無	—
53	2	15.7	0.0	0.0	2.8	19.5	37.4	0.0	50.0	10.0	1.0	14.3	20.0	1.40	7.0	120	無	—

[表5]

試験 No.	金属 板 No.	処理液中の濃度										乾燥条件					第二被膜 有/無	第二被膜 厚さ (μm)
		Ti (g/L)	Zr (g/L)	V (g/L)	Mg (g/L)	P (g/L)	F (g/L)	Si (g/L)	りん酸 (g/L)	硝酸 (g/L)	Zn (g/L)	昇温速度V1 ($^{\circ}\text{C/s}$)	昇温速度V2 ($^{\circ}\text{C/s}$)	V2/ V1	在炉時間 (s)	PMT ($^{\circ}\text{C}$)		
101	5	7.3	0.0	0.0	1.0	7.6	17.3	0.0	20.0	20.0	3.2	8.0	12.0	1.50	15.0	160	有	1.5
102	6	7.3	0.0	0.0	2.8	13.1	17.3	0.0	30.0	20.0	0.9	10.7	16.0	1.50	15.0	170	有	1.5
103	6	7.3	0.0	0.0	2.8	13.1	17.3	0.0	30.0	20.0	0.5	8.0	12.0	1.50	15.0	160	有	1.5
104	7	6.0	0.0	0.0	0.7	7.3	14.4	0.0	20.0	15.0	1.1	17.1	25.7	1.50	7.0	160	有	1.5
105	7	6.0	0.0	0.0	2.8	9.9	14.4	0.0	20.0	20.0	2.5	8.0	12.0	1.50	15.0	160	有	1.5
106	8	6.0	0.0	0.0	2.1	9.1	14.4	0.0	20.0	20.0	0.6	8.0	12.0	1.50	15.0	160	有	1.5
107	5	8.5	0.0	0.0	7.7	19.4	20.2	0.0	30.0	2.0	1.0	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
108	5	10.9	0.0	0.0	2.8	3.6	25.9	0.0	0.0	40.0	1.3	7.3	8.7	1.19	15.0	140	有	1.5
109	6	8.5	0.0	0.0	2.8	13.1	20.2	0.0	30.0	0.0	0.9	8.0	12.0	1.50	15.0	160	有	1.5
110	6	14.5	0.0	0.0	4.2	5.3	34.5	0.0	0.0	35.0	1.1	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
111	7	7.3	0.0	0.0	4.2	14.9	17.3	0.0	30.0	0.0	1.0	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
112	7	10.9	0.0	0.0	2.8	3.6	25.9	0.0	0.0	15.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
113	5	14.5	0.0	0.0	2.8	3.6	34.5	0.0	0.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
114	6	14.5	0.0	0.0	2.1	2.7	34.5	0.0	0.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
115	6	14.5	0.0	0.0	0.7	10.5	34.5	0.0	30.0	2.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
116	6	14.5	0.0	0.0	0.7	26.8	34.5	0.0	81.0	30.0	0.8	14.3	20.0	1.40	15.0	120	有	1.5
117	6	14.5	0.0	0.0	0.7	7.3	34.5	0.0	20.0	50.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
118	7	14.5	0.0	0.0	2.8	5.2	34.5	0.0	5.0	30.0	0.8	6.7	9.3	1.39	15.0	120	有	1.5
119	7	0.0	20.0	0.0	1.0	19.8	25.1	0.0	58.0	0.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5
120	7	10.9	0.0	0.0	2.8	6.8	25.9	0.4	10.0	40.0	0.8	14.3	20.0	1.40	7.0	120	有	1.5

[0059] 作製した化成処理鋼板から試験片を冷却機能付きF I B (F o c u s e d I o n B e a m) 加工法にて切り出し、切り出した試験片の断面構造を

、エネルギー分散型X線分析装置付き電界放射型透過電子顕微鏡（F E - T E M : F i e l d E m i s s i o n - T r a n s m i s s i o n E l e c t r o n M i c r o s c o p e）で、観察視野中に第一化成処理被膜全体とめっき層が入る倍率にて、観察した。

その際、めっき層中にA l相、M g Z n₂相、Z n相が存在していたため、その中からZ n相をコントラストによって確認し（暗視野像の比較的明るい部分をZ n相と判断し）、E D S分析で当該Z n相の、Z nの濃度が85質量%以上かつM g濃度とA l濃度との両方が1.0質量%以下であり、めっき層であると確認した位置から表面処理鋼板の表面（第二化成処理被膜の表面）までの、C、O、F、M g、A l、S i、P、T i、V、Z n及びZ rの濃度分布をエネルギー分散型X線分析装置にて測定を行った。結果を表6-1～表9に示す。

また、図2に実施例の試験N o. 41についての深さ方向元素分布測定結果を示す。

[0060]

[表6-1]

試験 No.	濃度指標												
	Dti (質量%)	Dzr (質量%)	Dv (質量%)	Dti+Dzr+Dv (質量%)	B1c (質量%)	B2c (質量%)	Ang (質量%)	B1mg (質量%)	Ang/B1mg	Af (質量%)	B1f (質量%)	Af/B1f	B1si (質量%)
1	15.1			15.1	4.2	63	9.7	1.3	7.5	19.8	6.8	2.9	0.1
2	13.2			13.2	3.8	58	8.2	1.3	6.3	15.1	2.0	7.6	0.2
3	11.4			11.4	3.2	42	11.8	0.8	14.8	20.7	5.9	3.5	0.1
4	18.1			18.1	2.9	63	11.3	1.7	6.5	21.9	6.3	3.5	0.1
5	16.8			16.8	6.2	52	9.8	1.5	6.7	20.2	7.3	2.8	0.0
6	12.9			12.9	5.2	55	5.0	0.5	10.0	15.4	1.3	11.8	0.1
7	14.2			14.2	4.3	63	5.1	0.6	8.5	19.4	3.2	6.1	0.3
8	20.2			20.2	4.4	66	25.0	4.0	6.3	24.8	10.0	2.5	0.2
9	17.4			17.4	3.7	68	24.9	3.9	6.4	38.9	14.2	2.7	0.1
10	16.6			16.6	4.5	59	9.5	1.7	5.6	19.9	6.9	2.9	0.1
11	11.1			11.1	3.1	61	5.1	0.6	8.5	17.3	4.0	4.3	0.1
12	5.4			5.4	3.3	68	17.7	2.5	7.1	16.4	1.2	13.7	0.1
13	25.0			25.0	2.4	64	6.4	0.7	9.1	24.9	8.8	2.8	0.1
14		13.3		13.3	3.3	59	9.9	1.5	6.6	23.2	0.6	38.7	0.1
15	14.2		6.1	20.3	3.8	60	9.6	2.3	4.2	16.3	3.2	5.1	0.0
16	12.6	5.3		17.9	2.2	58	8.8	0.7	12.6	25.1	12.5	2.0	0.2
17	15.8			15.8	2.4	67	9.8	2.0	4.9	32.4	11.3	2.9	0.2
18	11.1			11.1	1.3	70	7.3	2.4	3.0	23.1	3.4	6.8	0.1
19	13.6			13.6	2.1	65	8.7	1.9	4.6	17.8	5.7	3.1	0.0
20	19.3			19.3	2.5	58	11.7	2.3	5.1	21.1	8.7	2.4	0.1
21	18.6			18.6	2.4	59	11.9	2.1	5.7	20.0	8.5	2.4	0.1
22	10.2			10.2	5.7	59	19.6	1.9	10.3	19.3	4.2	4.6	0.1
23	6.8	5.9	7.2	19.9	3.1	62	7.6	1.6	4.8	20.7	5.1	4.1	0.2
24	4.9			4.9	2.9	59	5.7	0.6	9.5	16.7	0.5	33.4	0.1
25	15.2			15.2	3.3	61	3.2	2.7	1.2	18.3	6.5	2.8	0.2
26	14.1			14.1	3.1	60	5.4	4.5	1.2	16.1	7.7	2.1	0.1
27	14.2			14.2	10.3	63	11.5	0.7	16.4	19.9	6.1	3.3	0.1

[表6-2]

試験 No.	濃度指標												
	Dti (質量%)	Dzr (質量%)	Dv (質量%)	Dti+Dzr+Dv (質量%)	B1c (質量%)	B2c (質量%)	Ang (質量%)	B1mg (質量%)	Ang/B1mg	Af (質量%)	B1f (質量%)	Af/B1f	B1si (質量%)
28	13.7			13.7	3.9	39	24.8	1.3	19.1	15.7	3.1	5.1	0.2
29	14.0			14.0	3.5	58	17.4	2.6	6.7	7.2	1.2	6.0	0.1
30	13.8			13.8	2.2	61	9.7	1.6	6.1	41.0	9.3	4.4	0.1
31	14.5			14.5	2.4	62	12.3	1.7	7.2	15.6	0.4	39.0	0.2
32	13.9			13.9	3.2	57	5.6	0.5	11.2	19.2	17.1	1.1	0.1
33	15.3			15.3	2.9	59	1.0	0.4	2.5	8.4	0.6	14.0	0.1
34	18.6			18.6	3.1	57	4.8	0.9	5.3	12.4	7.6	1.6	0.1
35	17.9			17.9	2.7	60	5.1	0.6	8.5	10.1	13.2	0.8	0.2
36	19.7			19.7	3.4	64	25.4	4.2	6.0	13.2	4.3	3.1	0.1
37	5.7			5.7	2.6	58	9.8	1.5	6.7	7.0	0.8	8.8	0.1
38	10.9			10.9	3.4	62	10.3	4.1	2.5	19.4	3.6	5.4	5.1
39	6.1			6.1	2.8	57	12.1	1.7	7.1	4.7	0.4	11.8	0.1
40	4.9	4.6	4.8	14.3	2.6	62	9.7	1.3	7.5	13.0	6.8	1.9	0.0
41	12.7			12.7	2.9	57	8.9	0.7	12.7	30.7	12.0	2.6	0.7
42	18.5			18.5	3.3	66	11.9	1.8	6.6	20.2	8.1	2.5	0.2
43	19.1			19.1	3.8	64	10.9	2.2	5.0	21.0	8.8	2.5	0.1
44	18.6			18.6	3.1	59	4.9	0.9	5.4	13.0	7.7	1.7	0.1
45	18.6			18.6	2.9	57	3.7	2.4	1.5	11.4	7.9	1.4	0.1
46	18.6			18.6	2.3	57	4.6	2.1	2.2	11.2	8.1	1.4	0.1
47	18.6			18.6	3.0	61	25.6	3.1	8.3	18.0	7.6	2.4	0.1
48	18.6			18.6	2.8	57	4.8	0.9	5.3	12.4	7.5	1.7	0.1
49	18.6			18.6	11.4	60	5.2	0.8	6.5	16.0	6.5	2.5	0.1
50	18.6			18.6	3.1	64	4.9	0.9	5.4	13.7	7.6	1.8	0.1
51	18.6			18.6	2.2	58	6.7	0.9	7.4	15.8	7.4	2.1	3.2
52	16.8			16.8	3.3	—	9.8	1.5	6.7	20.2	7.3	2.8	0.1
53	16.8			16.8	3.1	—	9.8	1.5	6.7	20.2	7.3	2.8	0.1

[表7]

試験 No.	濃度指標												
	Dti (質量%)	Dzr (質量%)	Dv (質量%)	Dti+Dzr+Dv (質量%)	B1c (質量%)	B2c (質量%)	Ang (質量%)	B1mg (質量%)	Ang/B1mg	Af (質量%)	B1f (質量%)	Af/B1f	B1si (質量%)
101	7.9			7.9	2.1	49	2.6	0.8	3.3	7.7	1.5	5.1	0.2
102	9.3			9.3	1.8	61	5.2	2.1	2.5	10.5	3.3	3.2	0.3
103	17.1			17.1	1.3	55	4.3	1.9	2.3	7.9	2.8	2.8	0.1
104	7.0			7.0	1.5	61	2.8	0.9	3.1	11.2	5.1	2.2	0.1
105	5.7			5.7	2.2	48	6.1	2.2	2.8	8.2	2.4	3.4	0.2
106	5.9			5.9	2.1	45	10.3	4.2	2.5	8.0	2.4	3.3	0.2
107	14.6			14.6	2.1	54	<u>2.4</u>	0.7	3.4	7.9	3.3	2.4	0.2
108	15.1			15.1	3.5	65	3.3	1.2	2.8	<u>7.3</u>	2.1	3.5	0.3
109	14.8			14.8	2.9	59	<u>2.2</u>	0.6	3.7	12.4	4.2	3.0	0.1
110	18.2			18.2	4.1	52	11.6	3.2	3.6	<u>7.2</u>	1.7	4.2	0.2
111	8.9			8.9	5.7	62	<u>2.1</u>	0.9	2.3	9.2	4.1	2.2	0.1
112	10.5			10.5	3.2	50	16.2	3.6	4.5	<u>7.1</u>	2.9	2.4	0.5
113	18.6			18.6	3.1	48	4.9	0.9	5.4	13.0	7.7	<u>1.7</u>	0.1
114	18.6			18.6	2.9	57	3.7	2.4	<u>1.5</u>	11.4	7.9	<u>1.4</u>	0.1
115	18.6			18.6	2.3	63	4.6	2.1	2.2	11.2	8.1	<u>1.4</u>	0.1
116	18.6			18.6	3.0	62	<u>25.6</u>	3.1	8.3	18.0	7.6	2.4	0.1
117	18.6			18.6	2.8	53	4.8	0.9	5.3	12.4	7.5	<u>1.7</u>	0.1
118	18.6			18.6	<u>11.4</u>	49	5.2	0.8	6.5	16.0	6.5	2.5	0.1
119	18.6			18.6	3.1	66	4.9	0.9	5.4	13.7	7.6	<u>1.8</u>	0.1
120	18.6			18.6	2.2	52	6.7	0.9	7.4	15.8	7.4	2.1	3.2

[表8-1]

試験 No.	濃度指標										X2si/ Y2si		
	Cmg (質量%)	Aal (質量%)	B1al (質量%)	Aal/B1al	Ap (質量%)	B1p (質量%)	B1zn (質量%)	B2zn (質量%)	X2si (質量%)	Y2si (質量%)			
1	2.1	9.6	0.5	19.2	20.3	7.2	11.1	1.3	29.2	20.4	1.4	1.4	
2	2.7	12.3	0.3	41.0	5.2	0.4	13.4	2.1	27.9	19.3	1.4	1.4	
3	1.9	15.4	0.2	77.0	19.7	7.9	18.1	1.4	28.1	21.1	1.3	1.3	
4	2.2	14.7	0.4	36.8	14.3	18.2	18.9	1.5	23.3	19.2	1.2	1.2	
5	2.6	11.3	0.4	28.3	15.1	16.4	22.2	2.3	30.1	20.3	1.5	1.5	
6	1.9	10.1	0.2	50.5	7.2	0.4	5.1	1.2	28.7	18.5	1.6	1.6	
7	1.4	13.2	0.6	22.0	10.1	0.5	4.8	1.3	29.2	20.0	1.5	1.5	
8	1.8	12.2	0.2	61.0	3.1	12.3	4.0	1.4	30.4	23.4	1.3	1.3	
9	2.3	11.1	0.3	37.0	25.0	8.0	28.9	1.6	31.9	24.6	1.3	1.3	
10	2.7	16.8	0.5	33.6	14.8	15.7	29.8	1.2	28.7	22.7	1.3	1.3	
11	2.3	17.0	1.0	17.0	5.9	12.2	14.2	1.3	27.7	21.9	1.3	1.3	
12	2.8	17.9	0.8	22.4	13.9	0.7	18.2	1.5	26.9	19.9	1.4	1.4	
13	1.7	14.5	0.9	16.1	7.3	0.6	17.3	1.6	28.2	18.8	1.5	1.5	
14	1.6	16.6	0.7	23.7	12.4	0.9	27.1	1.7	29.6	19.5	1.5	1.5	
15	2.5	13.0	0.4	32.5	5.0	0.3	25.7	1.8	28.1	18.9	1.5	1.5	
16	1.5	12.3	0.3	41.0	12.2	11.1	26.6	1.9	29.5	17.9	1.6	1.6	
17	3.7	15.5	0.7	22.1	14.6	3.1	20.3	2.1	27.3	24.1	1.1	1.1	
18	1.9	0.3	0.2	1.5	13.7	0.8	19.8	2.5	27.7	22.3	1.2	1.2	
19	2.3	7.1	3.2	2.2	10.5	0.6	23.4	1.3	28.4	23.1	1.2	1.2	
20	2.6	14.6	0.6	24.3	14.4	1.1	3.6	1.1	27.2	21.2	1.3	1.3	
21	2.3	13.0	0.3	43.3	14.1	1.5	31.0	1.4	27.0	19.3	1.4	1.4	
22	2.1	13.2	0.8	16.5	15.7	2.5	3.2	1.5	30.1	29.7	1.0	1.0	
23	2.2	10.4	0.3	34.7	11.8	1.4	10.6	1.5	29.3	18.1	1.6	1.6	
24	1.2	13.4	0.6	22.3	11.2	6.5	11.3	1.3	30.1	19.9	1.5	1.5	
25	2.6	12.1	0.3	40.3	19.9	6.8	19.7	1.4	27.7	17.9	1.5	1.5	
26	2.2	14.3	0.6	23.8	13.1	7.8	11.1	1.5	28.9	20.2	1.4	1.4	
27	1.6	15.8	0.2	79.0	7.2	0.8	18.0	1.6	27.0	19.2	1.3	1.3	

[表8-2]

試験 No.	濃度指標										X2si/ Y2si
	Qmg (質量%)	Aal (質量%)	B1al (質量%)	Aal/B1al	Ap (質量%)	B1p (質量%)	B1zn (質量%)	B2zn (質量%)	X2si (質量%)	Y2si (質量%)	
28	1.8	11.7	0.9	13.0	3.1	12.3	17.3	1.7	31.1	23.4	1.3
29	2.8	10.3	0.8	12.9	13.6	0.9	21.4	1.3	31.1	23.4	1.3
30	1.8	12.3	0.5	24.6	12.0	10.9	26.5	1.5	29.2	20.3	1.4
31	1.6	15.4	0.7	22.0	6.2	0.9	24.6	1.7	30.2	21.3	1.4
32	2.1	14.2	0.8	17.8	7.2	11.4	18.4	1.7	27.7	20.0	1.4
33	1.9	15.6	0.4	39.0	21.1	7.7	10.3	1.8	26.3	22.0	1.2
34	1.7	16.8	0.3	56.0	11.7	0.5	14.2	1.9	28.7	21.2	1.4
35	2.3	17.1	0.3	57.0	9.7	0.5	10.2	1.1	27.8	19.7	1.4
36	1.9	10.2	0.5	20.4	25.2	0.6	18.7	1.9	29.8	22.2	1.3
37	2.0	15.2	0.3	50.7	6.7	0.6	11.4	1.7	30.0	23.5	1.3
38	2.2	10.8	0.4	27.0	24.8	7.9	25.6	1.8	31.3	24.1	1.3
39	1.7	16.8	0.3	56.0	12.3	0.4	15.9	1.8	30.6	25.3	1.2
40	1.7	12.3	0.2	61.5	16.8	6.2	13.2	1.9	29.9	23.3	1.3
41	1.1	13.0	0.2	81.3	12.8	15.4	16.9	1.6	29.2	20.0	1.5
42	2.1	12.2	0.4	30.5	13.1	1.3	18.2	1.8	30.4	24.6	1.2
43	2.0	14.3	0.7	20.4	15.2	1.4	19.3	1.9	28.2	18.9	1.5
44	1.8	6.7	0.3	22.3	14.6	1.2	13.9	1.9	28.7	22.7	1.3
45	1.7	6.2	0.3	20.7	9.8	0.4	11.3	1.7	27.7	21.9	1.3
46	1.9	7.7	0.4	19.3	9.7	0.5	14.2	1.9	26.9	19.9	1.4
47	1.6	15.4	0.3	51.3	12.2	0.8	13.3	1.1	28.2	18.8	1.5
48	1.7	16.8	0.4	42.0	10.9	0.5	14.2	1.5	26.9	19.9	1.4
49	3.2	12.2	0.5	24.4	11.4	0.5	14.2	1.6	28.2	18.8	1.5
50	2.1	6.8	0.5	13.6	10.3	0.5	14.2	1.7	29.6	19.5	1.5
51	3.3	9.8	0.4	24.5	11.7	0.5	14.2	1.4	28.1	18.9	1.5
52	1.9	14.3	0.6	23.8	15.1	16.4	19.7	—	—	—	—
53	2.0	18.2	0.9	20.2	15.1	16.4	13.7	—	—	—	—

[表9]

試験 No.	濃度指標										
	Om _g (質量%)	Aa _l (質量%)	B1a _l (質量%)	Aa _l /B1a _l	Ap (質量%)	B1p (質量%)	B1zn (質量%)	B2zn (質量%)	X2si (質量%)	Y2si (質量%)	X2si/ Y2si
101	2.3	11.3	0.5	22.6	13.9	10.0	20.1	1.1	28.7	22.7	1.3
102	1.3	14.3	0.3	47.7	10.0	0.6	5.1	1.4	28.1	18.9	1.5
103	2.5	14.1	0.3	47.0	15.2	1.1	1.3	1.3	29.5	17.9	1.6
104	1.1	8.7	0.4	21.8	11.1	7.9	4.6	1.2	27.3	24.1	1.1
105	2.7	7.2	0.2	36.0	12.4	11.2	21.1	1.1	27.2	21.2	1.3
106	5.2	7.0	0.2	35.0	10.0	11.0	19.8	1.1	28.0	19.9	1.3
107	2.1	16.4	0.6	27.3	13.7	0.8	10.0	1.5	26.9	19.9	1.4
108	1.9	16.8	0.9	18.7	10.5	0.6	11.2	1.6	28.2	18.8	1.5
109	2.2	18.3	0.7	26.1	14.4	1.1	5.3	1.7	29.3	18.1	1.6
110	2.6	9.9	0.9	11.0	14.1	1.5	13.3	1.8	31.1	23.4	1.3
111	2.1	10.3	0.8	12.9	10.5	0.6	7.7	1.9	29.2	20.3	1.4
112	2.4	17.3	0.9	19.2	14.1	7.9	3.6	1.1	28.7	18.5	1.6
113	1.8	6.7	0.3	22.3	14.6	1.2	13.9	1.7	29.5	18.4	1.6
114	1.7	6.2	0.3	20.7	9.8	0.4	11.3	1.8	26.9	19.9	1.4
115	1.9	7.7	0.4	19.3	9.7	0.5	14.2	1.7	27.2	21.2	1.3
116	1.6	15.4	0.3	51.3	12.2	0.8	13.3	1.8	25.4	19.9	1.4
117	1.7	16.8	0.4	42.0	10.9	0.5	14.2	1.2	29.5	17.8	1.6
118	3.2	12.2	0.5	24.4	11.4	0.5	14.2	1.9	27.3	24.3	1.1
119	2.1	6.8	0.5	13.6	10.3	0.5	14.2	2.0	26.6	17.1	1.6
120	3.3	9.8	0.4	24.5	11.7	0.5	14.2	2.1	28.2	18.7	1.5

[0066] また、作成した作製した化成処理鋼板の平面部耐食性、加工部耐食性、潤滑性について、以下の要領で評価した。結果を表10-1、表10-2、表

11に示す。

[0067] <平面部耐食性>

平板試験片（70mm×150mmの長形状の試験片）に対し、JIS Z 2371：2015に準拠する中性塩水噴霧試験を塩濃度70g±5g/Lで、120、240、360時間の各時間まで実施し、試験後の試験片の白錆の発生状況（面積率）によって耐食性を評価した。耐食性の評価基準を以下に示す。240時間後においてSSであれば十分な耐食性を有すると判断した。

（耐食性の評価基準）

SS：5%以下

S：5%超、10%以下

A：10%超、30%以下

B：30%超、50%以下

C：50%超

[0068] <加工部耐食性（耐白錆性）>

平板試験片（70mm×150mmの長形状の試験片）の中央部をエリクセン試験（7mm押し出し）に供した後、JIS Z 2371：2015による塩水噴霧試験を72時間行い、押し出し加工部の白錆の発生状況を観察した。評価基準は平面部耐食性と同様に行い、SSまたはSであれば十分な耐食性を有すると判断した。

（耐食性の評価基準）

SS：5%以下

S：5%超、10%以下

A：10%超、30%以下

B：30%超、50%以下

C：50%超

[0069] <潤滑性>

HEIDON-14（新東科学社製）を使用し、摺動子として直径10mm

mのステンレス鋼球を、荷重1.0N、摺動速度150mm/minで平板試験片の表面を摺動させ、その応力から動摩擦係数 μ を求めて、潤滑性を評価した。潤滑性の評価基準を以下に示す。S、AAであれば十分な潤滑性を有すると判断した。

(潤滑性の評価基準)

S : 0.1以下

AA : 0.1%超、0.2%以下

A : 0.2%超、0.5%以下

B : 0.5%超

[0070]

[表10-1]

試験 No.	平面部耐食性			加工部 耐食性	潤滑性	区分
	120h	240h	360h			
1	SS	SS	A	SS	S	発明例
2	SS	SS	S	SS	S	発明例
3	SS	SS	A	SS	S	発明例
4	SS	SS	S	SS	S	発明例
5	SS	SS	S	SS	S	発明例
6	SS	SS	A	SS	S	発明例
7	SS	SS	A	SS	S	発明例
8	SS	SS	A	SS	S	発明例
9	SS	SS	S	SS	S	発明例
10	SS	SS	A	SS	S	発明例
11	SS	SS	A	SS	S	発明例
12	SS	SS	A	SS	S	発明例
13	SS	SS	A	SS	S	発明例
14	SS	SS	A	SS	S	発明例
15	SS	SS	S	SS	S	発明例
16	SS	SS	S	SS	S	発明例
17	SS	SS	A	S	S	発明例
18	SS	SS	A	SS	S	発明例
19	SS	SS	A	S	S	発明例
20	SS	SS	A	S	S	発明例
21	SS	SS	B	S	S	発明例
22	SS	SS	A	S	AA	発明例
23	SS	SS	A	S	S	発明例
24	A	B	C	S	S	比較例
25	A	S	A	S	S	比較例
26	A	A	B	S	S	比較例
27	A	A	B	S	S	比較例

[0071]

[表10-2]

試験 No.	平面部耐食性			加工部 耐食性	潤滑性	区分
	120h	240h	360h			
28	S	A	B	B	B	比較例
29	S	A	B	B	B	比較例
30	A	B	C	A	S	比較例
31	A	B	C	A	S	比較例
32	SS	S	A	S	S	比較例
33	SS	S	A	S	S	比較例
34	A	B	C	A	S	比較例
35	S	A	B	S	S	比較例
36	S	A	B	S	S	比較例
37	SS	S	A	S	S	比較例
38	S	A	B	S	S	比較例
39	S	A	B	S	S	比較例
40	A	B	C	A	S	比較例
41	SS	SS	B	S	S	発明例
42	SS	SS	B	S	S	発明例
43	SS	SS	B	S	S	発明例
44	A	B	C	A	S	比較例
45	S	A	B	S	S	比較例
46	S	A	B	S	S	比較例
47	S	A	B	S	S	比較例
48	S	A	B	B	B	比較例
49	A	B	C	A	S	比較例
50	S	A	B	B	B	比較例
51	SS	SS	B	S	S	発明例
52	SS	S	B	B	B	比較例
53	SS	S	B	B	B	比較例

[0072]

[表11]

試験 No.	平面部耐食性			加工部 耐食性	潤滑性	区分
	120h	240h	360h			
101	SS	SS	S	SS	S	発明例
102	SS	SS	S	SS	S	発明例
103	SS	SS	S	SS	S	発明例
104	SS	SS	S	SS	S	発明例
105	SS	SS	A	SS	S	発明例
106	SS	SS	A	S	S	実施例
107	SS	A	A	A	S	比較例
108	SS	A	B	A	S	比較例
109	SS	A	A	A	S	比較例
110	SS	A	A	A	S	比較例
111	SS	A	C	A	S	比較例
112	SS	A	C	A	S	比較例
113	SSS	S	A	B	S	比較例
114	SSS	S	A	B	S	比較例
115	SSS	S	A	B	S	比較例
116	SSS	S	A	B	S	比較例
117	SSS	S	A	B	S	比較例
118	SSS	S	A	B	S	比較例
119	SSS	S	S	S	S	比較例
120	SSS	SS	SS	S	S	発明例

[0073] 表1～表11から分かるように、所定のMgを含有する亜鉛めっき層または亜鉛合金めっき層と、第一被膜と、第二被膜と、を有し、めっき層から第二被膜において、Ti、V、Zr、C、Mg、F、Siが所定の濃度でかつ、所定の領域に濃化して存在する場合（発明例）、耐食性及び潤滑性に優れていた。

一方、第二被膜を有さない、またはTi、V、Zr、C、Mg、F、Siの濃度もしくは濃化状態が本発明範囲外である比較例（No. 24～40、44～50、52、53、107～119）については、耐食性、潤滑性のいずれか1つ以上が劣っていた。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明によれば、耐食性及び潤滑性に優れる表面処理鋼板を提供することができ、産業上の利用可能性が高い。

符号の説明

- [0075]
- | | |
|-----|--------------------------|
| 1 | 表面処理鋼板 |
| 1 0 | 鋼板（母材鋼板） |
| 2 0 | めっき層（亜鉛めっき層または合金化亜鉛めっき層） |
| 2 5 | 第一界面 |
| 3 0 | 第一被膜 |
| 3 5 | 第二界面 |
| 4 0 | 第二被膜 |
| A | 境界領域 |
| B 1 | 第一被膜の中央部 |
| B 2 | 第二被膜の中央部 |

請求の範囲

[請求項1]

母材鋼板と、
前記母材鋼板の表面に形成されためっき層と、
前記めっき層の表面に形成された第一被膜と、
前記第一被膜の表面に形成された厚みが $0.6\mu\text{m}$ 以上である第二被膜と、
を有する表面処理鋼板であって、
前記めっき層のZn濃度が40質量%以上、100質量%以下であり、Mg濃度が0質量%以上、4.0質量%未満であり、
前記めっき層から前記表面処理鋼板の表面に向けて厚み方向に線分析によって連続的にC、O、F、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Zn及びZrの濃度を測定した際に、
Znの濃度が初めて35.0質量%以下となる位置を、前記めっき層と前記第一被膜の界面である第一界面とし、
前記第一界面を含み、前記厚み方向に前記第一界面から前記めっき層の側に10nmの範囲と前記第一被膜の側に15nmの範囲との間の領域を境界領域とし、
Znの濃度が初めて3.0質量%以下となる位置を前記第一被膜と前記第二被膜の界面である第二界面とした際に、前記厚み方向の前記第一界面と前記第二界面との中央から前記第二界面側に10nmの範囲を前記第一被膜の中央部とし、
前記第二被膜の、前記第二界面から前記厚み方向に400nmの位置と410nmの位置との間の領域を、前記第二被膜の中央部としたとき、
下記式(1)～(3)の1つ以上、かつ、式(4)～(15)を満たす、
ことを特徴とする、表面処理鋼板。
$$D_{Ti} \geq 5.0 \quad (1)$$

$$D_{z\ r} \geq 5.0 \quad (2)$$

$$D_{v} \geq 5.0 \quad (3)$$

$$D_{t\ i} + D_{z\ r} + D_{v} \leq 25.0 \quad (4)$$

$$B_{1\ c} < 10.0 \quad (5)$$

$$B_{2\ c} \geq 40.0 \quad (6)$$

$$5.0 / M \leq A_{m\ g} \leq 25.0 \quad (7)$$

$$0.5 \leq B_{1\ m\ g} \leq 5.0 \quad (8)$$

$$15.0 / M \leq A_{f} \leq 40.0 \quad (9)$$

$$0.5 \leq B_{1\ f} \leq 15.0 \quad (10)$$

$$A_{m\ g} / B_{1\ m\ g} \geq 2.0 \quad (11)$$

$$A_{f} / B_{1\ f} \geq 2.0 \quad (12)$$

$$B_{1\ s\ i} < 5.0 \quad (13)$$

$$B_{1\ z\ n} \geq 0.5 \quad (14)$$

$$B_{2\ z\ n} < 3.0 \quad (15)$$

ここで、前記 $D_{t\ i}$ は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での T_{i} の最大濃度であり、

前記 $D_{z\ r}$ は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での Z_{r} の最大濃度であり、

前記 D_{v} は、前記第一被膜の、前記第一界面から前記第一界面と前記第二界面との前記厚み方向の中央までの間における質量%での V の最大濃度であり、

前記 $B_{1\ c}$ は、前記第一被膜の前記中央部における C の質量%での平均濃度であり、

前記 $B_{2\ c}$ は、前記第二被膜の前記中央部における C の質量%での平均濃度であり、

前記 $A_{m\ g}$ は、前記第一被膜の前記境界領域における M_{g} の質量%

での最大濃度であり、

前記 B 1 m g は、前記第一被膜の前記中央部における M g の質量%での平均濃度であり、

前記 A f は、前記第一被膜の前記境界領域における F の質量%での最大濃度であり、

前記 B 1 f は、前記第一被膜の前記中央部における F の質量%での平均濃度であり、

前記 B 1 s i は、前記第一被膜の前記中央部における S i の質量%での平均濃度であり、

前記 B 1 z n は、前記第一被膜の前記中央部における、Z n の質量%での平均濃度であり、

前記 B 2 z n は、前記第二被膜の前記中央部における、Z n の質量%での平均濃度であり、

前記 M は、前記めっき層の前記 M g 濃度が 0 質量%以上 1. 0 質量%未満の場合には 1、1. 0 質量%以上 4. 0 質量%未満の場合には 2 となる定数である。

[請求項2]

さらに、下記式 (16) を満たす、
ことを特徴とする、請求項 1 に記載の表面処理鋼板。

$$0 \leq C m g < 5. 0 \quad (16)$$

ここで、前記 C m g は、前記めっき層の厚み方向において、前記第一界面から前記めっき層の側に 10 nm の位置における質量%での M g の濃度である。

[請求項3]

さらに、下記式 (17) ~ (19) を満たす、
ことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の表面処理鋼板。

$$5. 0 \leq A a l \leq 20. 0 \quad (17)$$

$$0. 2 \leq B 1 a l \leq 5. 0 \quad (18)$$

$$A a l / B 1 a l \geq 5. 0 \quad (19)$$

ここで、前記 A a l は、前記境界領域における A l の質量%での最

大濃度であり、

前記 B 1 a l は、前記第一被膜の前記中央部における A l の質量%での平均濃度である。

[請求項4]

さらに、下記式 (20) ~ (21) を満たす、

ことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の表面処理鋼板。

$$10.0 \leq A p \leq 25.0 \quad (20)$$

$$0.5 \leq B 1 p \leq 8.0 \quad (21)$$

ここで、前記 A p は、前記境界領域における P の最大濃度であり、

前記 B 1 p は、前記第一被膜の前記中央部における P の質量%での平均濃度である。

[請求項5]

さらに、下記式 (22) を満たす、

ことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の表面処理鋼板。

$$1.0 \leq B 1 z n \leq 30.0 \quad (22)$$

[請求項6]

さらに、下記式 (23) を満たす、

ことを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の表面処理鋼板。

$$X 2 s i / Y 2 s i \geq 1.1 \quad (23)$$

ここで、前記 X 2 s i は、前記第二被膜の表面から前記第二界面に向けて 100 nm までの領域の S i における質量%での最大濃度であり、

前記 Y 2 s i は、前記第二被膜の前記表面から前記第二界面に向けて 300 ~ 310 nm の間の領域における S i の質量%での平均濃度である。

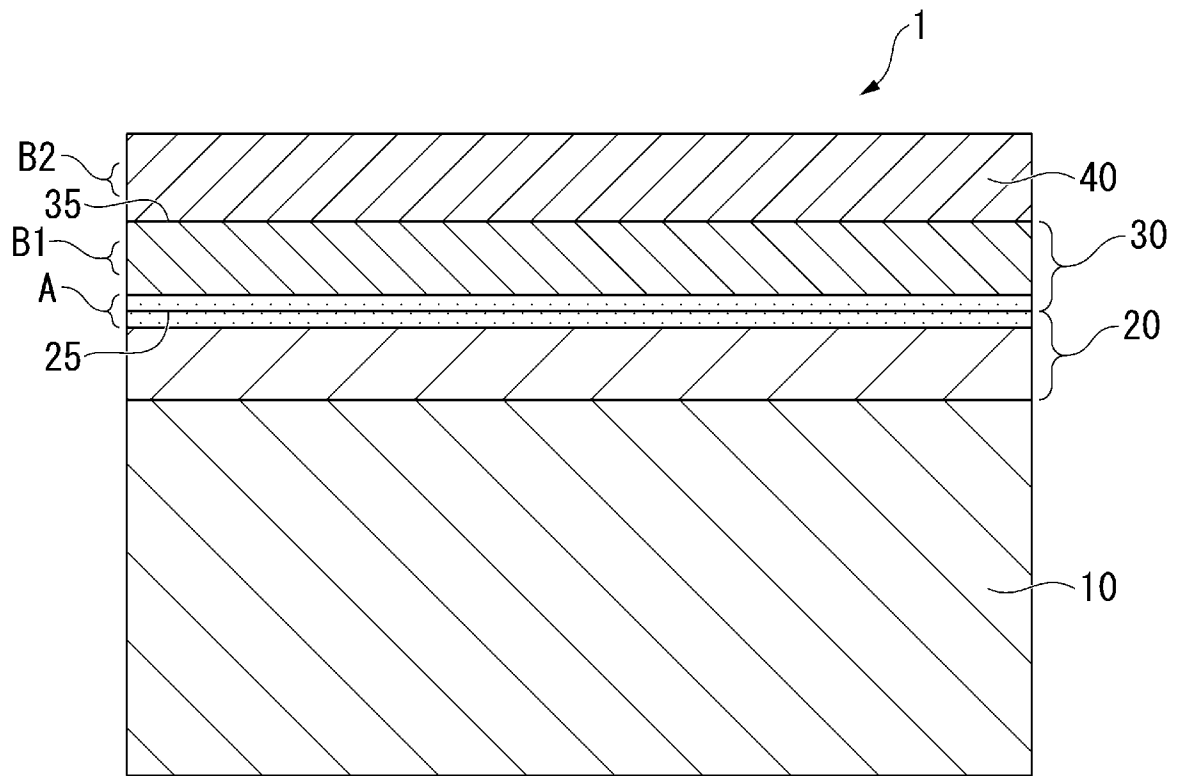
[請求項7]

さらに、下記式 (24) を満たす、

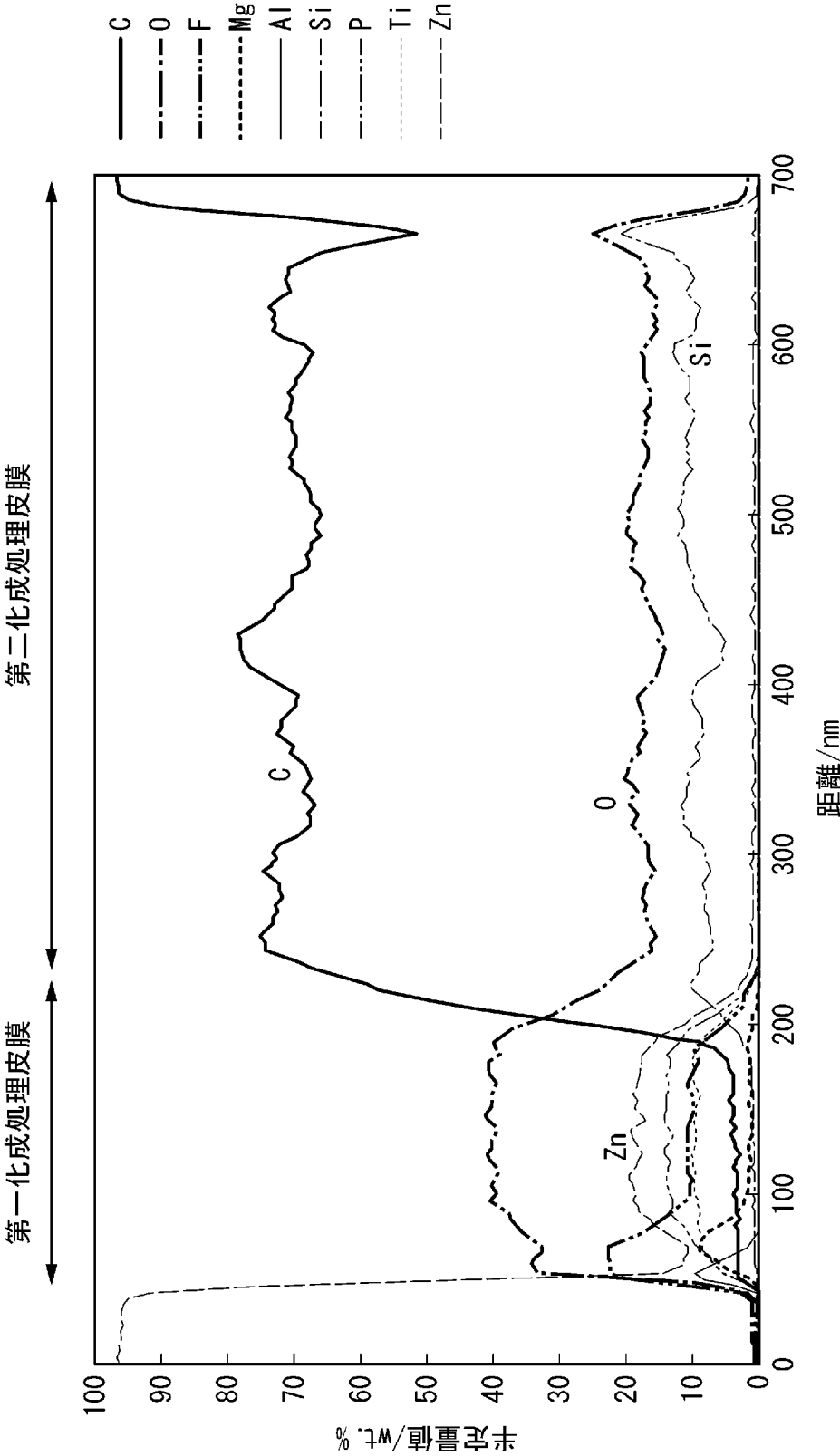
ことを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の表面処理鋼板。

$$A f / B 1 f \geq 2.5 \quad (24)$$

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/036561

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B32B 15/01**(2006.01)i; **C23C 22/00**(2006.01)i; **C23C 22/36**(2006.01)i

FI: C23C22/36; B32B15/01 C; C23C22/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B32B15/01; C23C22/00; C23C22/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-42717 A (JFE STEEL CORP) 22 March 2019 (2019-03-22) entire text	1-7
A	KR 10-2020-0096281 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 11 August 2020 (2020-08-11) entire text	1-7
A	JP 2012-180591 A (NIPPON STEEL CORP) 20 September 2012 (2012-09-20) entire text	1-7
A	WO 2020/189769 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2023

Date of mailing of the international search report

05 December 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/036561

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-42717	A	22 March 2019	(Family: none)	
KR	10-2020-0096281	A	11 August 2020	WO 2019/124521	A1
				entire text	
				CN 111479955	A
				MX 2020006018	A
JP	2012-180591	A	20 September 2012	(Family: none)	
WO	2020/189769	A1	24 September 2020	US 2022/0145473	A1
				entire text	
				KR 10-2021-0129681	A
				CN 113631743	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B32B 15/01(2006.01)i; C23C 22/00(2006.01)i; C23C 22/36(2006.01)i FI: C23C22/36; B32B15/01 C; C23C22/00										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B32B15/01; C23C22/00; C23C22/36										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 2019-42717 A (JFEスチール株式会社) 22.03.2019 (2019 - 03 - 22) 全文	1-7								
A	KR 10-2020-0096281 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 11.08.2020 (2020 - 08 - 11) 全文	1-7								
A	JP 2012-180591 A (新日本製鐵株式会社) 20.09.2012 (2012 - 09 - 20) 全文	1-7								
A	WO 2020/189769 A1 (日本製鐵株式会社) 24.09.2020 (2020 - 09 - 24) 全文	1-7								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 21.11.2023	国際調査報告の発送日 05.12.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 関口 貴夫 4E 6110 電話番号 03-3581-1101 内線 3471									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/036561

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-42717 A	22.03.2019	(ファミリーなし)	
KR 10-2020-0096281 A	11.08.2020	WO 2019/124521 A1	
		全文	
		CN 111479955 A	
		MX 2020006018 A	
JP 2012-180591 A	20.09.2012	(ファミリーなし)	
WO 2020/189769 A1	24.09.2020	US 2022/0145473 A1	
		全文	
		KR 10-2021-0129681 A	
		CN 113631743 A	